

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Relazione di calcolo: Verifiche di Sicurezza con Treni Reali C3

VI08 – VIADOTTO GRAVINA

Travata reticolare a via inferiore L=80 m singolo binario

SCALA:

-

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

I A 5 F 0 1 D 0 9 C L V I 0 8 0 9 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	L.Genca <i>L.Genca</i>	Gen.2021	F.Bonifacio <i>F.Bonifacio</i>	Gen.2021	F. Gernone <i>F. Gernone</i>	Gen.2021	A.Vittozzi Gen.2021

ITALFERR S.p.A.
 U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
 Dott. Ing. Angelo Vittozzi
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
 N° A20795

File: IA5F01D09CLVI0809001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3	MATERIALI IMPIEGATI	6
4	ANALISI DEI CARICHI UNITARI	6
4.1	CARICHI PERMANENTI.....	7
4.1.1	Pesi propri.....	7
4.1.2	Carichi permanenti portati	7
4.2	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI.....	7
4.2.1	Treni di carico	7
4.2.2	Azioni orizzontali.....	9
4.2.2.1	Serpeggio.....	9
4.2.2.2	Avviamento e frenatura.....	9
4.2.2.3	Forza centrifuga	9
4.3	AZIONI CLIMATICHE	10
4.3.1	Variazione termica	10
4.3.2	Azione della neve	11
4.3.3	Azione del vento	11
4.4	EFFETTI AERODINAMICI	13
4.5	AZIONI ECCEZIONALI	13
4.6	AZIONI SISMICHE	14
4.7	CONFRONTO AZIONI DI PROGETTO – AZIONI DI VERIFICA.....	14
5	COMBINAZIONI DI CARICO.....	15
6	MODELLO DI CALCOLO.....	16
6.1	Verifica della prima frequenza flessionale.....	16
7	VERIFICHE SLU	17
7.1	TRAVI PRINCIPALI E CONTROVENTI.....	17
7.1.1	Verifiche di resistenza e di instabilità – SLU	17
7.1.1.1	Elementi parete e controventi	17
7.1.1.2	Longherine	24
7.1.1.3	Traversi	26

8	VERIFICHE SLE	27
8.1	Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano verticale.....	27
8.2	Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano orizzontale.....	27
9	CONCLUSIONI	29

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione sono le verifiche di sicurezza della travata reticolare con treni reali di tipo C3 secondo le NTC 2018.

1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il viadotto Gravina (VI08), compreso tra le progressive km 14+974 e km 15+865 della Nuova linea Ferrandina-Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale, sviluppa una lunghezza complessiva di 891 metri. Il viadotto, a singolo binario, si compone di 28 campate: 27 sono impalcati in c.a.p. in semplice appoggio di luce pari a 30m; la campata di scavalco del fiume Gravina, invece, è un impalcato in acciaio (con struttura reticolare a via inferiore, ancora in semplice appoggio) di luce 81m.

La travata reticolare è del tipo a via inferiore chiusa superiormente e le briglie superiori hanno profilo parabolico. La luce di calcolo è pari a $L=80$ m, l'altezza della travata, rispetto all'intradosso del corrente inferiore, è compresa tra 7,5 m (in corrispondenza degli appoggi) e 10,5 m (in mezzeria), la larghezza è pari a 5,2 m. Ciascun paramento verticale della travata è costituito da maglie triangolari aventi, ciascuna, base di lunghezza pari a 5 m e altezza variabile. La travata è appoggiata su quattro apparecchi di appoggi in acciaio, che realizzano lo schema statico di trave semplicemente appoggiata.

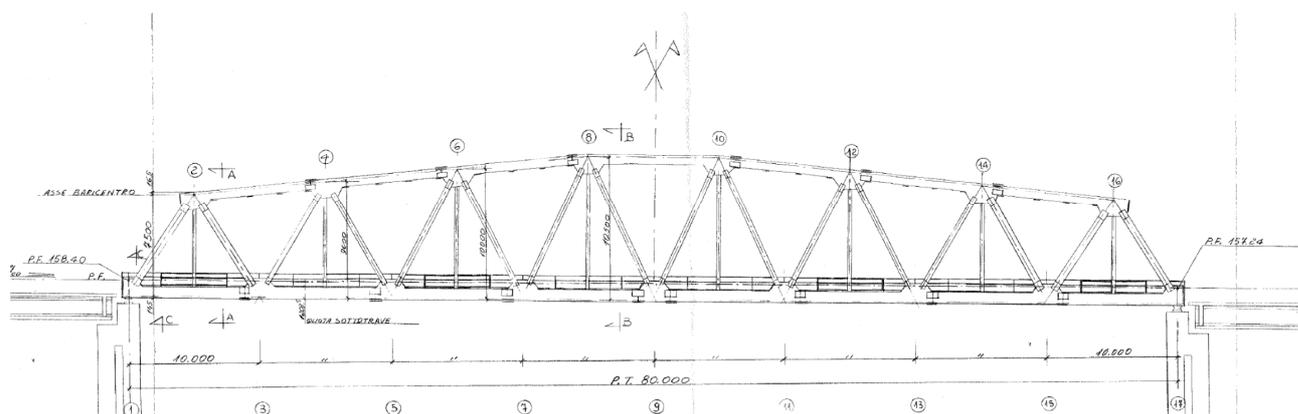


Figura 1_ Prospetto

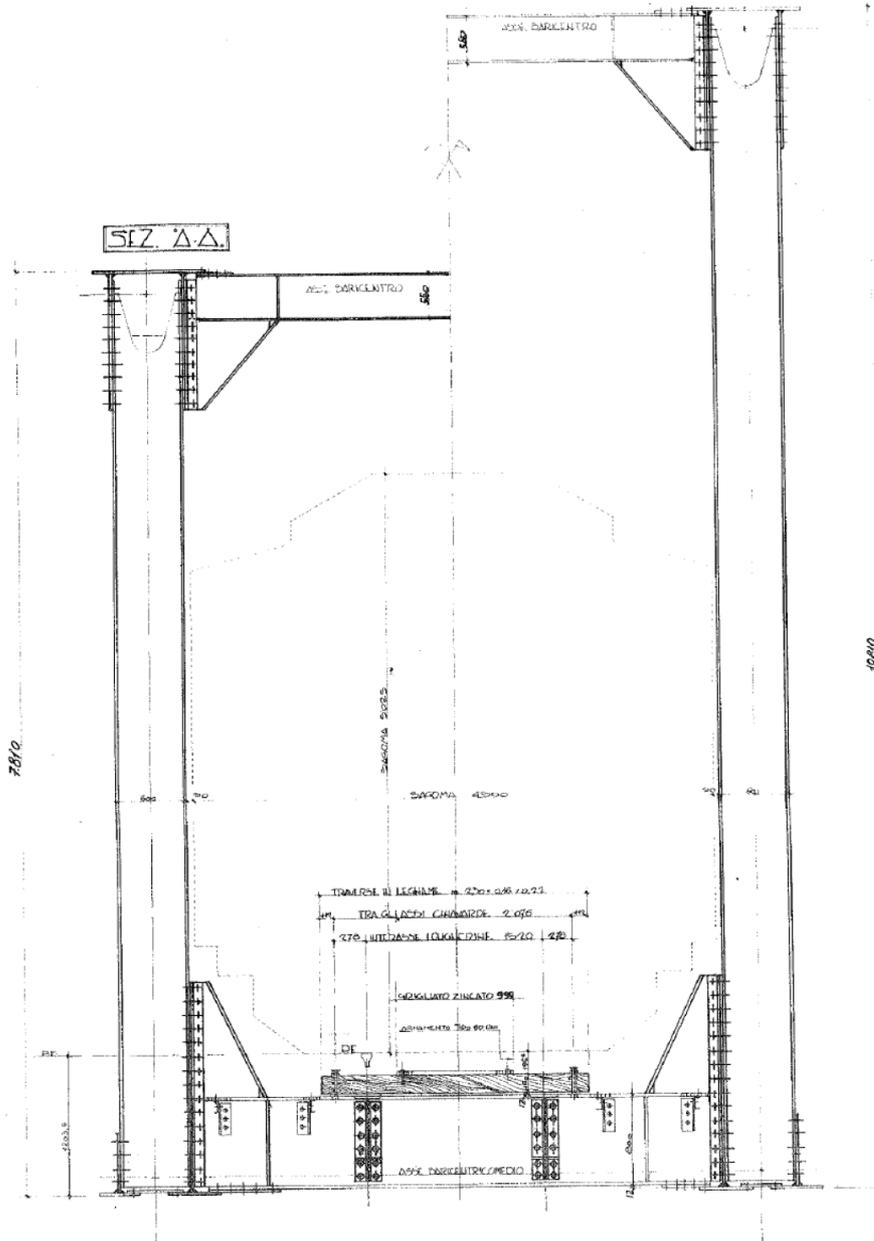


Figura 2_ Sezione trasversale

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;*
- [N7] 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.

3 MATERIALI IMPIEGATI

ACCIAIO

Materiali di progetto: Acciaio da carpenteria Fe430

NTC 18	fyk [MPa]		
	$t \leq 40mm$	$t > 40mm$	
S275	275	255	<i>per travi ed elementi saldati</i>
S275	275	255	<i>per profilati e lamiere</i>

4 ANALISI DEI CARICHI UNITARI

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

4.1 CARICHI PERMANENTI

4.1.1 Pesì propri

Peso proprio carpenteria metallica (inclusi trasversi, irrigidimenti, ecc.) = **43 kN/m** (valore stimato da modello)

4.1.2 Carichi permanenti portati

Totale carichi permanenti portati \approx **7 kN/m**

4.2 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

4.2.1 Treni di carico

Treno di carico reale di tipo C3, come dal MdP RFI, di seguito riportato;

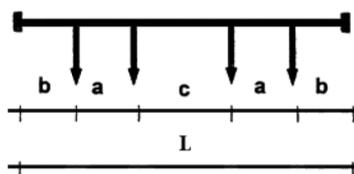


Figura 1: Schema geometrico di un carro

Categoria	Carico					
	Per asse Pa [kN]	Per ml p [kN/m]	a [m]	b [m]	c [m]	L [m]
A	160	48	1,80	1,50	6,75	13,35
B1	180	50	1,80	1,50	7,80	14,40
B2	180	64	1,80	1,50	4,65	11,25
C2	200	64	1,80	1,50	5,90	12,50
C3	200	72	1,80	1,50	4,50	11,10
C4	200	80	1,80	1,50	3,40	10,00
D2	225	64	1,80	1,50	7,45	14,05
D3	225	72	1,80	1,50	5,90	12,50
D4	225	80	1,80	1,50	4,65	11,25
E4	250	80	1,80	1,50	5,90	12,50
E5	250	88	1,80	1,50	4,75	11,35

Tab. n.1: Categorie delle linee

Coefficienti dinamici

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

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

Per i ponti metallici con armamento diretto occorrerà considerare un ulteriore coefficiente di adattamento dell'incremento dinamico β (inserito per tener conto del maggiore incremento dinamico dovuto al particolare tipo di armamento), variabile esclusivamente in ragione della lunghezza caratteristica L_ϕ dell'elemento, dato da:

- $\beta = 1,00$ per $L_\phi \leq 8 \text{ m ed } L_\phi > 90 \text{ m};$
- $\beta = 1,10$ per $8 \text{ m} < L_\phi \leq 90 \text{ m}.$

Nel nostro caso $\beta=1.1$ e la lunghezza L_ϕ , valutata secondo *Manuale di progettazione RFI*, sarà:

- Travi principali $L_\phi = L = 80\text{m};$
 $\Phi = \Phi_3 * \beta = 1.1$
- Longherine $i=5\text{m}; L_\phi = i + 3 = 5 + 3 \text{ m} = 8\text{m}$
 $\Phi = \Phi_3 * \beta = 1.71$
- Travi trasversali intermedie $L=5.2\text{m}; L_\phi = 2 * L = 10.4\text{m}$
 $\Phi = \Phi_3 * \beta = 1.59$
- Travi trasversali di estremità $L_\phi = 3.6 \text{ m} .$
 $\Phi = \Phi_3 * \beta = 2.2$

4.2.2 Azioni orizzontali

4.2.2.1 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 $\alpha = 1.1$.

4.2.2.2 Avviamento e frenatura

Frenatura = 1/6 *carico treno C3

treno C3	72.3 kN/m
frenatura	12.05 kN/m

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.

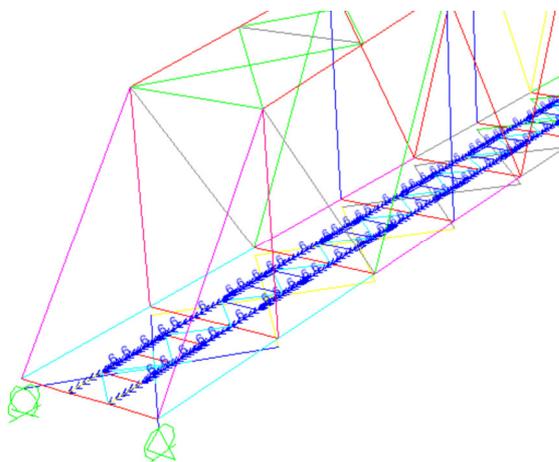


Figura 3_Frenatura C3

4.2.2.3 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.

4.3 AZIONI CLIMATICHE

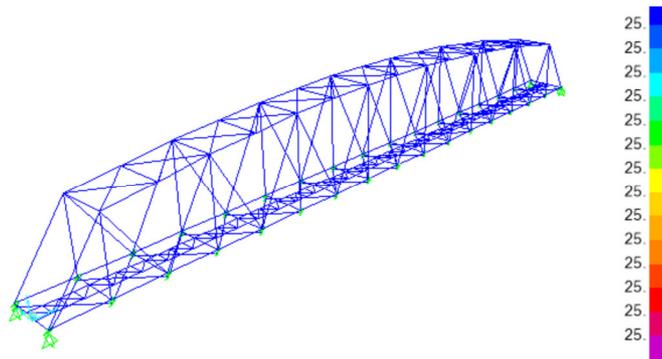
4.3.1 Variazione termica

Nelle verifiche dei singoli elementi è stata considerata una variazione termica uniforme, una variazione volumetrica ed una variazione termica non uniforme secondo quanto indicato sul MdP RFI.

Variazione termica uniforme

Si considera una variazione termica uniforme volumetrica per l'impalcato in acciaio pari a $\pm 25^{\circ}\text{C}$.

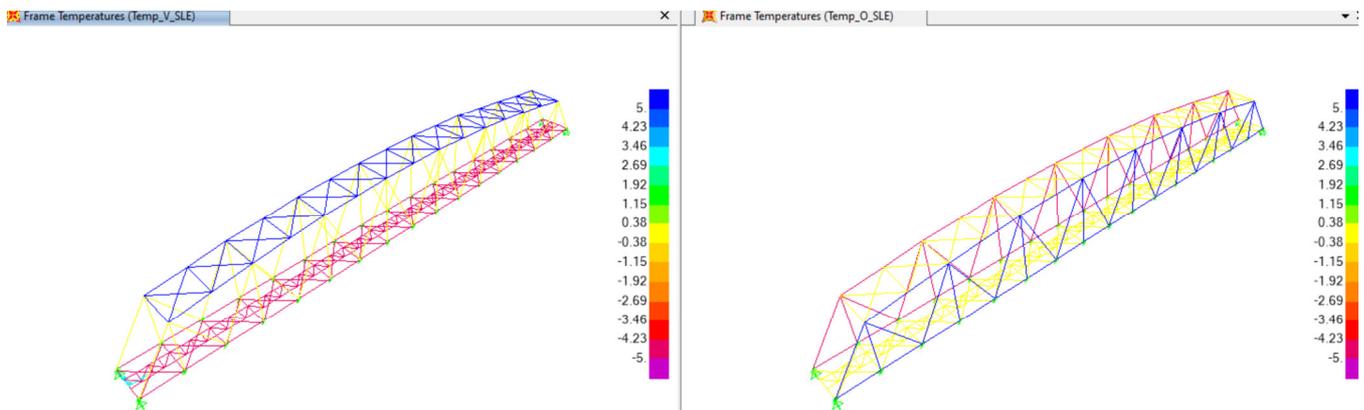
Per la determinazione delle escursioni degli apparecchi di appoggio è stata considerata una variazione termica uniforme di $25^{\circ} * 1.5 = 37.5^{\circ}\text{C}$.



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 .



4.3.2 Azione della neve

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

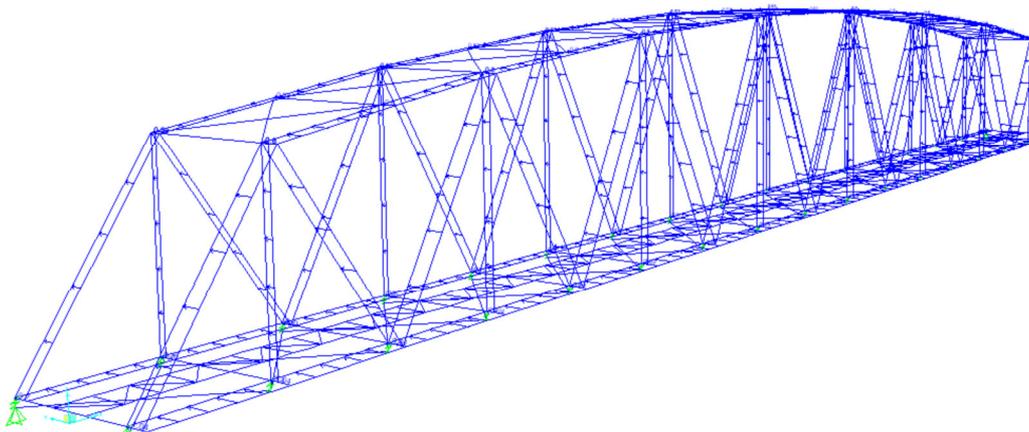
4.3.3 Azione del vento

L'azione del vento è stata distinta in:

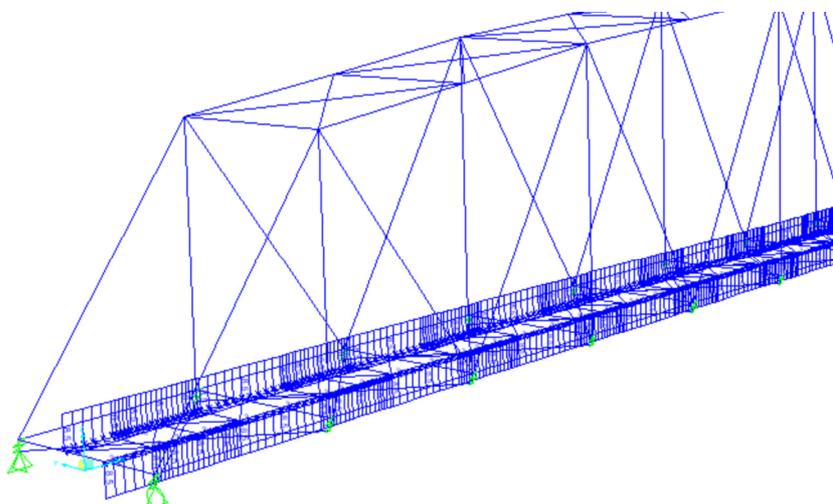
- Vento su struttura scarica, ossia azione del vento sul ponte senza carichi mobili;
- Vento su struttura carica, ossia azione del vento sul ponte durante il transito dei veicoli.

Per l'azione del vento si prevedono 1.8 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 dell'AZIONE DEL VENTO [NTC 18 - par. 3.3]

REGIONE	Zona	$v_{ref,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s [1/s]
Basilicata	3	27	500	0.37

T_R [anni]	α_R	a_s [m]	$v_{ref}(T_R=50)$ [m/s]	$v_{ref}(T_R)$ [m/s]	q_{ref} [N/m ²]
50	1.00	70	27.0	27.0	456.29

Classe di rugosità del terreno
Aree prive di ostacoli
D

Categoria di esposizione del sito
oltre 30 km dalla costa, sotto i 500 m
II

Coefficiente di topografia	c_t
	1.00

Coefficiente di esposizione			
k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	z [m]
0.19	0.05	4.00	11.30
c_e			2.43

Ulteriori coefficienti	
c_d	1.00
c_f	0.01

Coefficiente di forma o aerodinamico [C3.3.8.6]	
Tipologia di struttura soggetta all'azione del vento:	a travi reticolari

Travi reticolari			
S_p [m ²]	204.3	ϕ	0.29
S [m ²]	710.9		
Altezza della travata	h [m]	9	
Distanza tra le travate	d [m]	5.2	
	d/h	0.58	
	μ	0.655	
		1 ^a travata	2 ^a travata
		$c_{p,1}$	$c_{p,2}$
		1.62	1.06

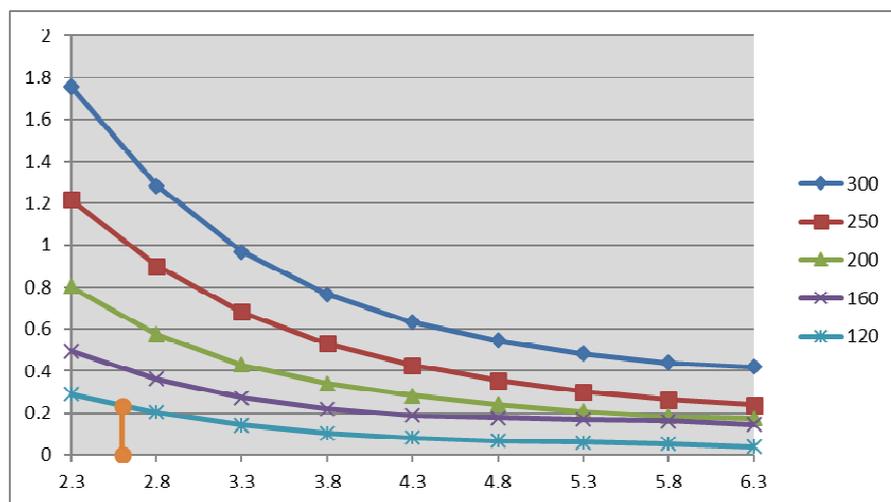
Pressione del vento	$T_R =$	50	anni
pressione del vento travata esposta		p_1 [N/m ²]	1793
pressione del vento travata successiva		p_2 [N/m ²]	1175

4.4 EFFETTI AERODINAMICI

Superfici verticali parallele al binario

Per una distanza ag dall'asse del binario pari a 2.6 m, e per una velocità massima di percorrenza pari a 125 km/h, il valore caratteristico dell'azione sul pannello è di ± 0.25 kN/m².

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



4.5 AZIONI ECCEZIONALI

Deragliamento schema 1

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

Deragliamento schema 2

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

Questo carico è da considerarsi nelle verifiche all'interno della combinazione eccezionale, la quale induce sugli elementi principali delle sollecitazioni minori rispetto ai modelli di traffico già descritti. Nel caso del ponte in esame non è, dunque, dimensionante.

4.6 AZIONI SISMICHE

Non sono oggetto della presente relazione.

4.7 CONFRONTO AZIONI DI PROGETTO – AZIONI DI VERIFICA

Impalcato travata reticolare metallica Gravina Lt = 80m			
Azioni	Descrizione	Relazione di progetto	NTC '18
G1	carpenteria met.	42 kN/m	42 kN/m
G2	armamento e grigliati	8 kN/m	8 kN/m
Qvk	carico vert. da traffico	Treno A (eq flett su ciascuna parete= 47.4 kN/m x 1.22 =57.83 kN/m)	Treno C3 (eq flett tot= 72.3 kN/m)
		Treno A (eqTA su ciascuna parete= 54.9 kN/m x 1.22 =67 kN/m)	Treno C3 (eqTA tot= 75.9 kN/m)
Incremento dinamico		1.22 (*)	(*)
QLk	frenatura/avviamento	8.25 kN/m	QL C3 = 12 kN/m
Qtk	centrifuga	assente	assente
S	serpeggio	62.5 kN	100 * 1.1 kN
Vento treno		4.5 kN/m	7.2 kN/m
Vento travata		6.25 kN/m	7.125 kN/m
Termica unif.		Non considerata	± 25°C
Termica non unif.		Non considerata	± 5°C (orizz) e ± 5°C (vert)
Folla		Non considerata	Non considerata
Sismica		Non considerata	Non considerata
Effetti aerodinamici		Non considerata	0.25 kN/mq

(*) coeff. dinamici	Rel. di progetto	NTC '18
elem parete e controventi	1.22	$\phi_3 = 1, \beta = 1.1$
traversi di testata	1.5	$\phi_3 = 2, \beta = 1.1$
traversi correnti	1.5	$\phi_3 = 1.44, \beta = 1.1$
longherine	1.5	$\phi_3 = 1.55, \beta = 1.1$

5 COMBINAZIONI DI CARICO

Le singole azioni elementari vengono combinate come previsto dal MdP RFI

COEFFICIENTI DI COMB.			A1 STR
Carichi permanenti	sfav	Y _{G1}	1.35
	fav		1
Carichi permanenti non strutturali	sfav	Y _{G2}	1.5
	fav		0
Traffico	sfav	Y _Q	1.45
	fav		0
Variabili	sfav	Y _{Qi}	1.5
	fav		0

ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
treno scarico		
1	0	0
serpeggio		
1	0.8	0
Eff_aerodinamici		
0.8	0.5	0
vento		
0.6	0.5	0
temperatura		
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				
					sfav	fav	sfav	fav	sfav	fav	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
massima azione verticale e laterale	Gruppo1	1	1	0	0.5	0	1	0	1	0	0.8	0.8	0
stabilità laterale	Gruppo2	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0.8	0.8	0
massima azione longitudinale	Gruppo3	1	0.5	0	1	1	0.5	0	0.5	0	0.8	0.8	0
fessurazione	Gruppo4	0.8	0.6	0	0.8	0.6	0.8	0.6	0.8	0.6	1	1	0

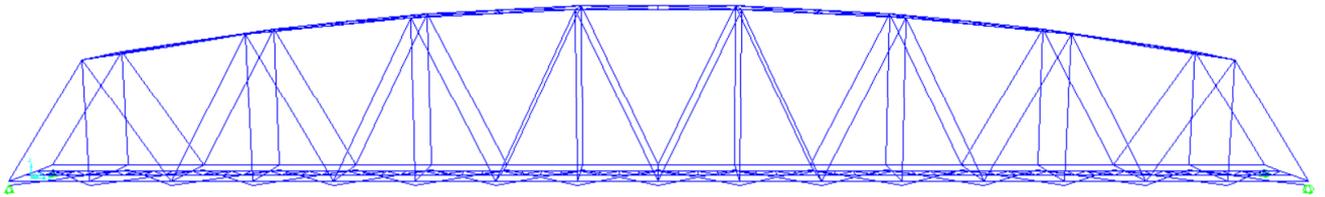
S.L.U									
VARIABILE PRINCIPALE:	TRAFFICO				VENTO		TEMPERATURA		
CARICHI	C3				STR.		C3		STR. SCARICA
	GRUPPO1	GRUPPO2	GRUPPO3	GRUPPO4	SCARICA	GR1	GR3		
combinazioni	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Peso Proprio (G1)	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Permanenti Portati (G2)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
C3	1.45	1.45	1.45	1.45	0	0	1.16	1.16	0
serpeggio	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	1.16	0.58	0
Avviamento/frenatura	0.73	0.73	1.45	1.45	0	0	0.58	1.16	0
centrifuga	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	1.16	0.58	0
Eff_aerodinamici	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	1.20	1.20	0
Vento_scarico	0	0	0	0	1.5	1.5	0	0	0.9
Vento_carico	0.9	0.9	0.9	0.9	0	0	0.9	0.9	0
Temp_SLU	0	0.9	0	0.9	0	0.9	1.5	1.5	1.5

6 MODELLO DI CALCOLO

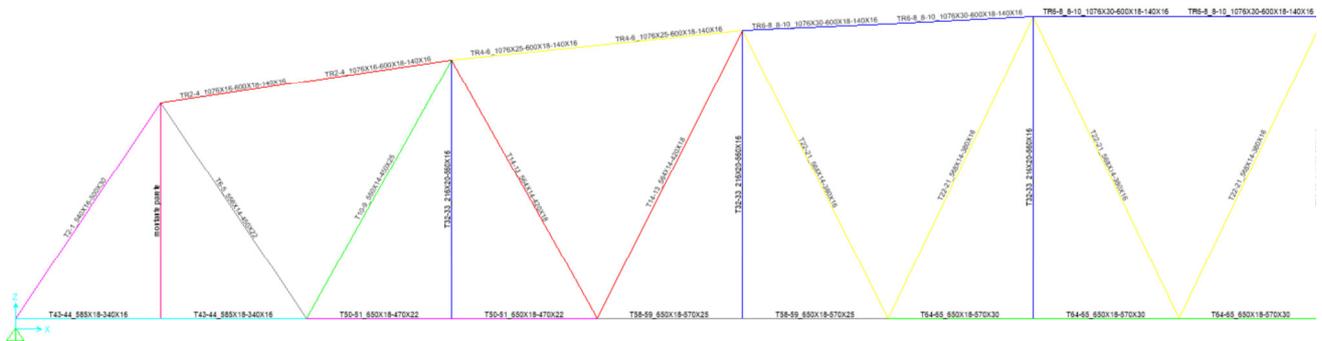
Per il calcolo delle sollecitazioni e per l'analisi strutturale sono stati realizzati dei modelli agli elementi finiti con il programma di calcolo SAP2000. L'analisi statica effettuata è di tipo elastico lineare e le verifiche sono state effettuate agli stati limite in conformità alle Normative Vigenti.

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 e le sezioni geometriche degli elementi costituenti il modello sono come da elaborato grafici di progetto, cui si rimanda:



Le sezioni di parete sono le seguenti:



6.1 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]:

δ_0 è la freccia in mezzera dovuta alle azioni permanenti
N_0 è la prima frequenza naturale flessionale del ponte

L	80	<i>m</i>
δ_0	30.5	<i>mm</i>
N_0	3.21	<i>Hz</i>
(1)	3.57	<i>Hz</i>
(2)	1.76	<i>Hz</i>

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

7 VERIFICHE SLU

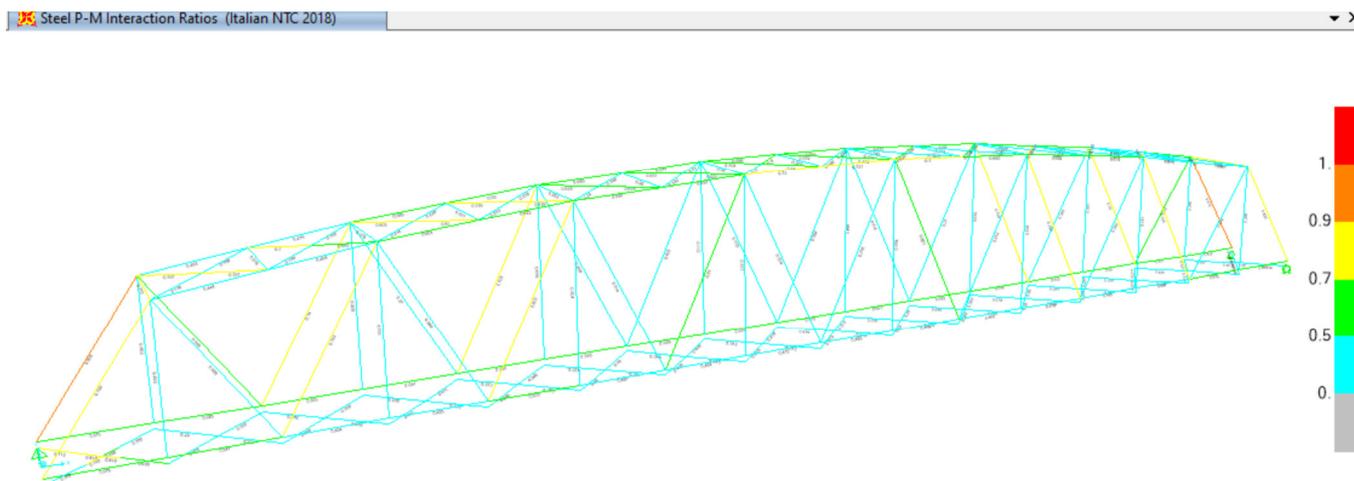
Si riportano di seguito le verifiche agli SLU dei singoli elementi costituenti l'impalcato.

7.1 TRAVI PRINCIPALI E CONTROVENTI

7.1.1 Verifiche di resistenza e di instabilità – SLU

7.1.1.1 Elementi parete e controventi

Si riporta l'output di verifica del modello di calcolo descritto per l'involuppo delle combinazioni di carico precedentemente descritte:



Le verifiche risultano soddisfatte.

I tassi di lavoro degli elementi (ratio) sono inferiori a 1.

Si riporta di seguito l'estratto della verifica:

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2018								
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo	Location	ErrMsg
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text
d1	T2-1_540X16-500X30	Brace	No Messages	0.759	PMM	INV_SLU	9.01388	No Messages
d2	T6-5_556X14-450X22	Brace	No Messages	0.489	PMM	INV_SLU	9.01388	No Messages
b.s.9	TR4-6_1076X25-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.604	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.s.13	TR4-6_1076X25-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.622	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.s.17	TR6-8_8-10_1076X30-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.687	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.s.21	TR6-8_8-10_1076X30-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.697	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.s.1	TR2-4_1076X16-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.448	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.s.5	TR2-4_1076X16-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.468	PMM	INV_SLU	0	No Messages

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L=80m singolo binario

Relazione di calcolo: Verifiche di Sicurezza con Treni Reali C3

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D	09	CL	VI0809	001	A	18 di 29

b.s.25	TR6-8_8-10_1076X30-600X18-140X16	Beam	No Messages	0.730	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d9	T10-9_550X14-450X25	Brace	No Messages	0.744	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d10	T14-13_564X14-420X18	Brace	No Messages	0.394	PMM	INV_SLU	5.14782	No Messages
d17	T14-13_564X14-420X18	Brace	No Messages	0.803	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d18	T22-21_568X14-380X16	Brace	No Messages	0.314	PMM	INV_SLU	5.59017	No Messages
d25	T22-21_568X14-380X16	Brace	No Messages	0.610	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d26	T22-21_568X14-380X16	Brace	No Messages	0.314	PMM	INV_SLU	5.81485	No Messages
M1	montante parete	Column	No Messages	0.295	PMM	INV_SLU	0	No Messages
M5	T32-33_216X20-560X16	Column	No Messages	0.135	PMM	INV_SLU	0	No Messages
M9	T32-33_216X20-560X16	Column	No Messages	0.304	PMM	INV_SLU	0	No Messages
M13	T32-33_216X20-560X16	Column	No Messages	0.377	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.1	T43-44_585X18-340X16	Beam	No Messages	0.578	PMM	INV_SLU	5	No Messages
b.i.2	T43-44_585X18-340X16	Beam	No Messages	0.541	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.3	T50-51_650X18-470X22	Beam	No Messages	0.454	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.4	T50-51_650X18-470X22	Beam	No Messages	0.426	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.5	T58-59_650X18-570X25	Beam	No Messages	0.506	PMM	INV_SLU	5	No Messages
b.i.6	T58-59_650X18-570X25	Beam	No Messages	0.481	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.7	T64-65_650X18-570X30	Beam	No Messages	0.494	PMM	INV_SLU	5	No Messages
b.i.8	T64-65_650X18-570X30	Beam	No Messages	0.472	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_1	T105-106_360x18;150x16+18	Beam	No Messages	0.388	PMM	INV_SLU	1.2763	No Messages
cvi_33	T110-111_200x20+16;100x16	Beam	No Messages	0.743	PMM	INV_SLU	1.05434	No Messages
cvi_38	T110-111_200x20+16;100x16	Beam	No Messages	0.698	PMM	INV_SLU	1.05434	No Messages
cvi_70	T105-106_360x18;150x16+18	Beam	No Messages	0.385	PMM	INV_SLU	1.70173	No Messages
cvi_69	T105-106_360x18;150x16+18	Beam	No Messages	0.712	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_37	T110-111_200x20+16;100x16	Beam	No Messages	0.818	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_34	T110-111_200x20+16;100x16	Beam	No Messages	0.818	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_2	T105-106_360x18;150x16+18	Beam	No Messages	0.698	PMM	INV_SLU	0.42543	No Messages
d5	T2-1_540X16-500X30	Brace	No Messages	0.928	PMM	INV_SLU	9.01388	No Messages
d6	T6-5_556X14-450X22	Brace	No Messages	0.549	PMM	INV_SLU	9.01388	No Messages
b.s.27	TR6-8_8-10_1076X30-600X18-140X16	Beam	No Messages	0.596	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d13	T10-9_550X14-450X25	Brace	No Messages	0.740	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d14	T14-13_564X14-420X18	Brace	No Messages	0.370	PMM	INV_SLU	5.14782	No Messages
d21	T14-13_564X14-420X18	Brace	No Messages	0.705	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d22	T22-21_568X14-380X16	Brace	No Messages	0.268	PMM	INV_SLU	5.59017	No Messages
d29	T22-21_568X14-380X16	Brace	No Messages	0.405	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d30	T22-21_568X14-380X16	Brace	No Messages	0.175	PMM	INV_SLU	0	No Messages
M3	montante parete	Column	No Messages	0.463	PMM	INV_SLU	0	No Messages
M7	T32-33_216X20-560X16	Column	No Messages	0.208	PMM	INV_SLU	0	No Messages
M11	T32-33_216X20-560X16	Column	No Messages	0.096	PMM	INV_SLU	0	No Messages
M15	T32-33_216X20-560X16	Column	No Messages	0.112	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.s.11	TR4-6_1076X25-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.566	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.s.15	TR4-6_1076X25-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.550	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.s.19	TR6-8_8-10_1076X30-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.585	PMM	INV_SLU	0	No Messages

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L=80m singolo binario

Relazione di calcolo: Verifiche di Sicurezza con Treni Reali C3

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D	09	CL	VI0809	001	A	19 di 29

b.s.23	TR6-8_8-10_1076X30-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.577	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.s.3	TR2-4_1076X16-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.493	PMM	INV_SLU	2.52797	No Messages
b.s.7	TR2-4_1076X16-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.475	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d4	T2-1_540X16-500X30	Brace	No Messages	0.829	PMM	INV_SLU	4.50694	No Messages
d3	T6-5_556X14-450X22	Brace	No Messages	0.478	PMM	INV_SLU	4.50694	No Messages
b.s.26	TR6-8_8-10_1076X30-600X18-140X16	Beam	No Messages	0.731	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d12	T10-9_550X14-450X25	Brace	No Messages	0.739	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d11	T14-13_564X14-420X18	Brace	No Messages	0.394	PMM	INV_SLU	5.14782	No Messages
d20	T14-13_564X14-420X18	Brace	No Messages	0.794	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d19	T22-21_568X14-380X16	Brace	No Messages	0.312	PMM	INV_SLU	5.59017	No Messages
d28	T22-21_568X14-380X16	Brace	No Messages	0.601	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d27	T22-21_568X14-380X16	Brace	No Messages	0.316	PMM	INV_SLU	5.81485	No Messages
M2	montante parete	Column	No Messages	0.266	PMM	INV_SLU	0	No Messages
M6	T32-33_216X20-560X16	Column	No Messages	0.151	PMM	INV_SLU	0	No Messages
M10	T32-33_216X20-560X16	Column	No Messages	0.316	PMM	INV_SLU	0	No Messages
M14	T32-33_216X20-560X16	Column	No Messages	0.384	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.16	T43-44_585X18-340X16	Beam	No Messages	0.616	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.15	T43-44_585X18-340X16	Beam	No Messages	0.515	PMM	INV_SLU	5	No Messages
b.i.14	T50-51_650X18-470X22	Beam	No Messages	0.427	PMM	INV_SLU	5	No Messages
b.i.13	T50-51_650X18-470X22	Beam	No Messages	0.393	PMM	INV_SLU	5	No Messages
b.i.12	T58-59_650X18-570X25	Beam	No Messages	0.478	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.11	T58-59_650X18-570X25	Beam	No Messages	0.465	PMM	INV_SLU	5	No Messages
b.i.10	T64-65_650X18-570X30	Beam	No Messages	0.493	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.9	T64-65_650X18-570X30	Beam	No Messages	0.483	PMM	INV_SLU	5	No Messages
b.s.10	TR4-6_1076X25-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.613	PMM	INV_SLU	5.02494	No Messages
b.s.14	TR4-6_1076X25-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.629	PMM	INV_SLU	5.02494	No Messages
b.s.18	TR6-8_8-10_1076X30-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.692	PMM	INV_SLU	5.00625	No Messages
b.s.22	TR6-8_8-10_1076X30-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.700	PMM	INV_SLU	5.00625	No Messages
b.s.2	TR2-4_1076X16-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.487	PMM	INV_SLU	5.05594	No Messages
b.s.6	TR2-4_1076X16-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.475	PMM	INV_SLU	5.05594	No Messages
cvi_4	T105-106_360x18;150x16+18	Beam	No Messages	0.139	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_36	T110-111_200x20+16;100x16	Beam	No Messages	0.460	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_39	T110-111_200x20+16;100x16	Beam	No Messages	0.460	PMM	INV_SLU	1.05434	No Messages
cvi_71	T105-106_360x18;150x16+18	Beam	No Messages	0.141	PMM	INV_SLU	2.5526	No Messages
cvi_72	T105-106_360x18;150x16+18	Beam	No Messages	0.147	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_40	T110-111_200x20+16;100x16	Beam	No Messages	0.489	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_35	T110-111_200x20+16;100x16	Beam	No Messages	0.489	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_3	T105-106_360x18;150x16+18	Beam	No Messages	0.146	PMM	INV_SLU	2.5526	No Messages
d8	T2-1_540X16-500X30	Brace	No Messages	0.915	PMM	INV_SLU	9.01388	No Messages
d7	T6-5_556X14-450X22	Brace	No Messages	0.520	PMM	INV_SLU	4.50694	No Messages
b.s.28	TR6-8_8-10_1076X30-600X18-140X16	Beam	No Messages	0.595	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d16	T10-9_550X14-450X25	Brace	No Messages	0.730	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d15	T14-13_564X14-420X18	Brace	No Messages	0.368	PMM	INV_SLU	5.14782	No Messages

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI
Travata reticolare a via inferiore L=80m singolo binario
Relazione di calcolo: Verifiche di Sicurezza con Treni Reali C3

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D	09	CL	VI0809	001	A	20 di 29

d24	T14-13_564X14-420X18	Brace	No Messages	0.708	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d23	T22-21_568X14-380X16	Brace	No Messages	0.270	PMM	INV_SLU	5.59017	No Messages
d32	T22-21_568X14-380X16	Brace	No Messages	0.416	PMM	INV_SLU	0	No Messages
d31	T22-21_568X14-380X16	Brace	No Messages	0.169	PMM	INV_SLU	0	No Messages
M4	montante parete	Column	No Messages	0.396	PMM	INV_SLU	0	No Messages
M8	T32-33_216X20-560X16	Column	No Messages	0.181	PMM	INV_SLU	0	No Messages
M12	T32-33_216X20-560X16	Column	No Messages	0.095	PMM	INV_SLU	0	No Messages
M16	T32-33_216X20-560X16	Column	No Messages	0.115	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.s.12	TR4-6_1076X25-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.558	PMM	INV_SLU	5.02494	No Messages
b.s.16	TR4-6_1076X25-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.543	PMM	INV_SLU	5.02494	No Messages
b.s.20	TR6-8_8-10_1076X30-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.580	PMM	INV_SLU	5.00625	No Messages
b.s.24	TR6-8_8-10_1076X30-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.573	PMM	INV_SLU	5.00625	No Messages
b.s.4	TR2-4_1076X16-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.516	PMM	INV_SLU	2.52797	No Messages
b.s.8	TR2-4_1076X16-600X18-140X16	Brace	No Messages	0.468	PMM	INV_SLU	5.05594	No Messages
b.i.17	T43-44_585X18-340X16	Beam	No Messages	0.516	PMM	INV_SLU	5	No Messages
b.i.18	T43-44_585X18-340X16	Beam	No Messages	0.685	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.19	T50-51_650X18-470X22	Beam	No Messages	0.566	PMM	INV_SLU	1	No Messages
b.i.20	T50-51_650X18-470X22	Beam	No Messages	0.651	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.21	T58-59_650X18-570X25	Beam	No Messages	0.651	PMM	INV_SLU	4.5	No Messages
b.i.22	T58-59_650X18-570X25	Beam	No Messages	0.695	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.23	T64-65_650X18-570X30	Beam	No Messages	0.653	PMM	INV_SLU	5	No Messages
b.i.24	T64-65_650X18-570X30	Beam	No Messages	0.667	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.32	T43-44_585X18-340X16	Beam	No Messages	0.625	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.31	T43-44_585X18-340X16	Beam	No Messages	0.671	PMM	INV_SLU	5	No Messages
b.i.30	T50-51_650X18-470X22	Beam	No Messages	0.550	PMM	INV_SLU	5	No Messages
b.i.29	T50-51_650X18-470X22	Beam	No Messages	0.622	PMM	INV_SLU	5	No Messages
b.i.28	T58-59_650X18-570X25	Beam	No Messages	0.638	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.27	T58-59_650X18-570X25	Beam	No Messages	0.682	PMM	INV_SLU	5	No Messages
b.i.26	T64-65_650X18-570X30	Beam	No Messages	0.661	PMM	INV_SLU	0	No Messages
b.i.25	T64-65_650X18-570X30	Beam	No Messages	0.675	PMM	INV_SLU	5	No Messages
cv5_1	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.178	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_7	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.189	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_11	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.700	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_13	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.699	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_17	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.216	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_23	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.228	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_27	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.779	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_29	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.779	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_33	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.340	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_39	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.346	PMM	INV_SLU	3.6091	No Messages
cv5_43	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.651	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_45	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.651	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_49	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.500	PMM	INV_SLU	2.25434	No Messages

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L=80m singolo binario

Relazione di calcolo: Verifiche di Sicurezza con Treni Reali C3

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D	09	CL	VI0809	001	A	21 di 29

cv5_54	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.500	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_50	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.510	PMM	INV_SLU	2.25434	No Messages
cv5_53	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.504	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_47	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.330	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_41	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.333	PMM	INV_SLU	3.6091	No Messages
cv5_37	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.628	PMM	INV_SLU	3.6091	No Messages
cv5_35	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.628	PMM	INV_SLU	3.6091	No Messages
cv5_31	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.235	PMM	INV_SLU	3.61559	No Messages
cv5_25	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.232	PMM	INV_SLU	3.61559	No Messages
cv5_21	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.810	PMM	INV_SLU	3.61559	No Messages
cv5_19	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.803	PMM	INV_SLU	3.61559	No Messages
cv5_15	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.188	PMM	INV_SLU	3.62638	No Messages
cv5_9	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.179	PMM	INV_SLU	3.62638	No Messages
cv5_5	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.757	PMM	INV_SLU	3.62638	No Messages
cv5_3	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.757	PMM	INV_SLU	3.62638	No Messages
cv5_2	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.207	PMM	INV_SLU	3.62638	No Messages
cv5_8	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.207	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_12	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.718	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_14	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.717	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_18	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.229	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_24	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.241	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_28	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.762	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_30	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.762	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_34	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.358	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_40	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.363	PMM	INV_SLU	3.6091	No Messages
cv5_44	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.622	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_46	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.622	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_52	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.532	PMM	INV_SLU	2.7052	No Messages
cv5_55	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.532	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_51	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.482	PMM	INV_SLU	2.25434	No Messages
cv5_56	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.476	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_48	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.345	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_42	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.349	PMM	INV_SLU	3.6091	No Messages
cv5_38	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.595	PMM	INV_SLU	3.6091	No Messages
cv5_36	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.595	PMM	INV_SLU	3.6091	No Messages
cv5_32	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.243	PMM	INV_SLU	3.61559	No Messages
cv5_26	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.241	PMM	INV_SLU	3.61559	No Messages
cv5_22	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.781	PMM	INV_SLU	3.61559	No Messages
cv5_20	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.778	PMM	INV_SLU	3.61559	No Messages
cv5_16	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.186	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_10	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.177	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cv5_6	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.896	PMM	INV_SLU	3.62638	No Messages
cv5_4	T-IPE330/.55/	Brace	No Messages	0.880	PMM	INV_SLU	3.62638	No Messages

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L=80m singolo binario

Relazione di calcolo: Verifiche di Sicurezza con Treni Reali C3

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D	09	CL	VI0809	001	A	22 di 29

cvi_5	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.355	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_42	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.355	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_43	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.282	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_8	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.282	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_9	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.411	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_46	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.411	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_47	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.273	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_12	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.273	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_13	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.460	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_50	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.460	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_51	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.315	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_16	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.315	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_17	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.418	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_54	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.418	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_53	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.312	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_18	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.312	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_15	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.409	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_52	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.409	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_49	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.271	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_14	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.271	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_11	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.396	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_48	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.396	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_45	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.208	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_10	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.208	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_7	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.388	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_44	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.388	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_41	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.290	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_6	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.271	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_67	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.425	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_32	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.424	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_29	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.272	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_66	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.272	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_63	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.391	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_28	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.390	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_25	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.280	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_62	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.280	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_59	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.435	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_24	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.435	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_21	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.340	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_58	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.340	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_55	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.414	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_20	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.414	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_19	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.313	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L=80m singolo binario

Relazione di calcolo: Verifiche di Sicurezza con Treni Reali C3

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D	09	CL	VI0809	001	A	23 di 29

cvi_56	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.313	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_57	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.375	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_22	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.375	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_23	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.283	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_60	T-IPE330/.55/	Beam	No Messages	0.283	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_61	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.374	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_26	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.374	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_27	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.207	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_64	T-IPE400/.55/	Beam	No Messages	0.207	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_65	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.377	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages
cvi_30	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.376	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_31	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.334	PMM	INV_SLU	0	No Messages
cvi_68	T-HE400A/.5/	Beam	No Messages	0.341	PMM	INV_SLU	3.60694	No Messages

LEGENDA:

“b.s.” = briglie superiori

“b.i.” = briglie inferiori

“M” = montanti

“d” = diagonali

“cvi” = controventi inferiori

“cvs” = controventi superiori

7.1.1.2 Longherine

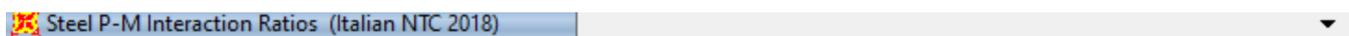
Sezione HEA 500, in favore di sicurezza.

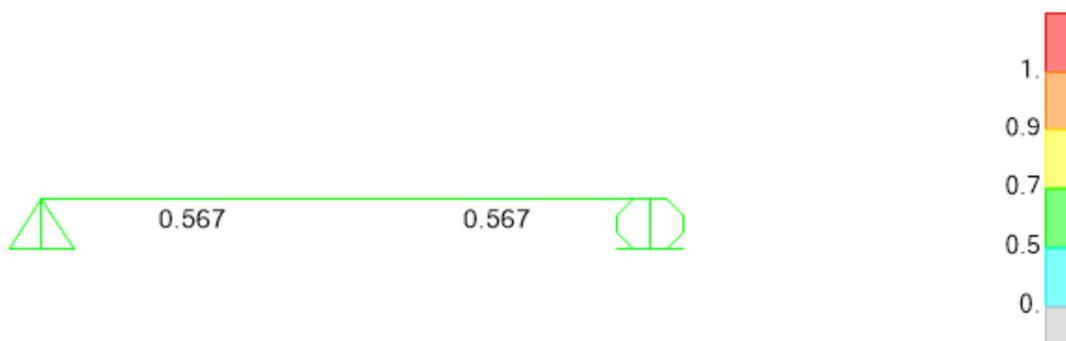
CARICHI:

	z	y	x		SLU
PESO PROPRIO					1.35
PERM PORT	2			kN/m	1.35
TRENO*	36.2			kN/m	1.45
SERP		55		kN	1.45
VENTO TRENO	9.6	3.6		kN/m	0.9
N GLOBALE			597	kN	1

Coeff dinamico = 1.71

VERIFICA IN COMBINAZIONE SLU:





La verifica risulta soddisfatta.

Nel dettaglio:

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

Units : kN, m, C

Frame : 3	X Mid: 1.250	Combo: SLU	Design Type: Beam
Length: 2.500	Y Mid: 0.000	Shape: HE500A	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 2.500	Z Mid: 0.000	Class: Class 1	Rolled : Yes

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=0.020	eNy=0.000	eNz=0.000		
A=0.020	Iyy=8.697E-04	iy=0.210	W _{el,yy} =0.004	W _{eff,yy} =0.004
I _t =3.180E-06	I _{zz} =1.037E-04	izz=0.072	W _{el,zz} =6.913E-04	W _{eff,zz} =6.913E-04
I _w =5.654E-06	I _{yz} =0.000	h=0.490	W _{pl,yy} =0.004	A _{v,y} =0.014
E=210000000.0	f _y =275000.000	f _u =430000.000	W _{pl,zz} =0.001	A _{v,z} =0.008

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

Travata reticolare a via inferiore L=80m singolo binario

Relazione di calcolo: Verifiche di Sicurezza con Treni Reali C3

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D	09	CL	VI0809	001	A	25 di 29

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
2.500	597.000	0.000	0.000	256.649	47.975	0.000

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

D/C Ratio: 0.567 = 0.000 + 0.334 + 0.233 < 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				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	597.000	5445.000	5445.000				
	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag		
	5445.000	6130.080	14759.191	14759.191	1.000		
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd	
Major (y-y)	a	0.210	72102.195	0.275	0.546	0.983	5354.145
MajorB(y-y)	a	0.210	72102.195	0.275	0.546	0.983	5354.145
Minor (z-z)	b	0.340	8597.215	0.796	0.918	0.727	3958.648
MinorB(z-z)	b	0.340	8597.215	0.796	0.918	0.727	3958.648
Torsional TF	b	0.340	14759.191	0.607	0.754	0.833	4537.501

MOMENT DESIGN

	Med	Med, span	Mm, Ed	Meq, Ed			
	Moment	Moment	Moment	Moment			
Major (y-y)	0.000	320.811	0.000	240.608			
Minor (z-z)	0.000	109.813	0.000	82.359			
	Mc, Rd	Mv, Rd	Mn, Rd	Mb, Rd			
	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity			
Major (y-y)	1085.975	1085.975	1085.975	960.776			
Minor (z-z)	291.225	291.225	291.225				
Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	McR	
LTB	b	0.340	0.576	0.730	0.885	1.310	3272.539
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz			
	0.792	0.371	1.000	0.618			

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc, Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	256.649	0.000	1193.642	0.215	OK
Minor (y)	47.975	0.000	2297.738	0.021	OK
Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW		
	1193.642	1.000	0.435		

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	0.000	256.649

7.1.1.3 Traversi

Le sollecitazioni sono ricavate da modello locale del traverso con il coefficiente dinamico come definito al cap.4 e da modello globale per tener conto anche delle sollecitazioni globali.

Si riporta la verifica più gravosa.

TRAVERSO DI TESTATA		
<i>Caratteristiche del profilo forato</i>		
A_{NETTA}	m^2	0.032
$A_{anima,NETTA}$	m^2	0.0093
$A_{ali,NETTA}$	m^2	0.0228
$W_{x,NETTA}$	m^3	0.0076
$W_{y,LORDA}$	m^3	1.760E-03
<i>Locali</i>		
M_x	KNm	524
T_y	kN	281
σ_{Mx}	N/mm^2	68.62
τ_y	N/mm^2	30.32
$\sigma_{ID_ (anima-piatt.)}$	N/mm^2	86.41
<i>Globali</i>		
N	KN	-87.9
M_y	KNm	320.0
T_x	kN	109.0
σ_N	N/mm^2	-2.74
σ_{My}	N/mm^2	181.82
τ_x	N/mm^2	4.78
σ_{tot}	N/mm^2	247.7
$\sigma_{ID_ (bordo ala)}$	N/mm^2	247.8
$\gamma_{M0} =$	-	1.05
$f_{yk} =$	N/mm^2	275
$f_{yd} =$	N/mm^2	262
Verifica	soddisfatta	

TRAVERSO INTERMEDIO		
<i>Caratteristiche del profilo</i>		
A_{NETTA}	m^2	0.032
$A_{anima,NETTA}$	m^2	0.0093
$A_{ali,NETTA}$	m^2	0.0228
$W_{x,NETTA}$	m^3	0.0076
$W_{y,LORDA}$	m^3	1.760E-03
<i>Locali</i>		
M_x	KNm	802.0
T_y	kN	364.0
σ_{Mx}	N/mm^2	105.02
τ_y	N/mm^2	39.28
$\sigma_{ID_ (anima-piatt.)}$	N/mm^2	125.13
<i>Globali</i>		
N	KN	-102
M_y	KNm	276.0
T_x	kN	85.0
σ_N	N/mm^2	-3.18
σ_{My}	N/mm^2	156.82
τ_x	N/mm^2	3.73
σ_{tot}	N/mm^2	258.7
$\sigma_{ID_ (bordo ala)}$	N/mm^2	258.7
$\gamma_{M0} =$	-	1.05
$f_{yk} =$	N/mm^2	275
$f_{yd} =$	N/mm^2	262
Verifica	soddisfatta	

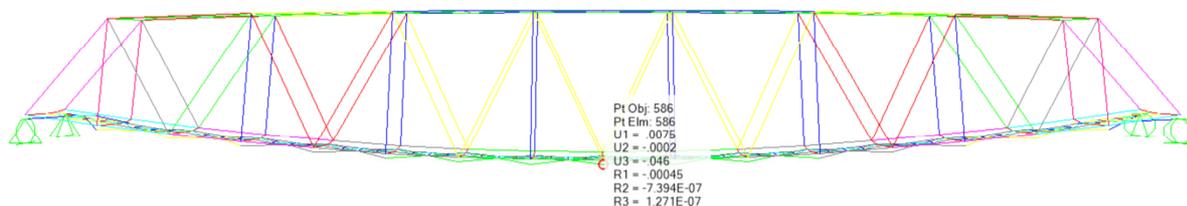
8 VERIFICHE SLE

8.1 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 C3 incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico.

C3



Abbassamento $41.8 < L/1000 = 80$ mm

Stati limite per il comfort dei passeggeri

$$\delta_v = 41.8\text{mm}$$

$$L / \delta_v = 80000 / 41.8 = 1913 > 1000$$

Verifica soddisfatta.

8.2 Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano orizzontale

Considerando la presenza del treno di carico, incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α , l'azione del vento, la forza laterale (serpeggio), la forza centrifuga (se presente) 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:

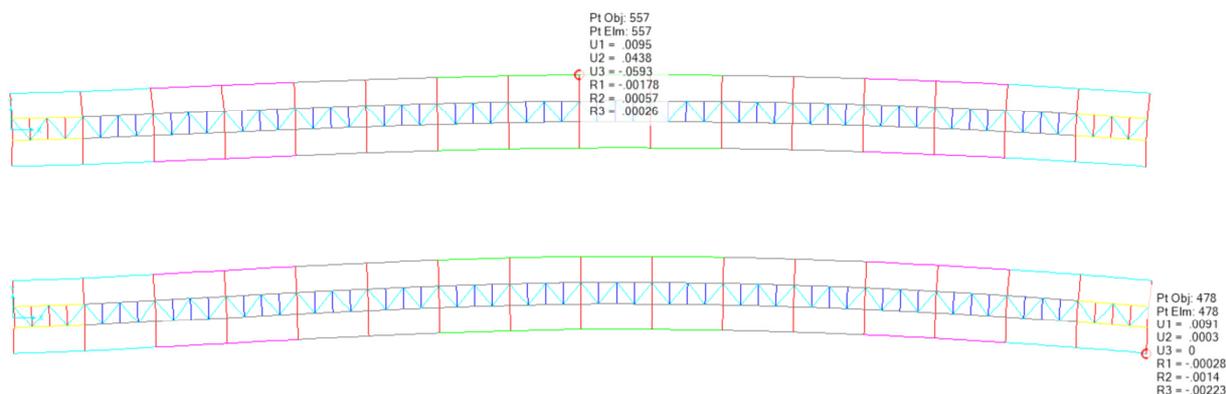
- una variazione angolare maggiore di quella fornita nella successiva Tab. 5.2.VIII;
- un raggio di curvatura orizzontale minore dei valori di cui alla citata tabella.

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 ≤ 120	0,0035 rd	1700 m	3500 m
120 < V ≤ 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 125 Km/h, è stato verificato che:

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



$$\delta_n = 44 \text{ mm}$$

RAGGIO MINIMO DI CURVATURA: $R = 18182\text{m} > 6000\text{m}$

VARIAZIONE ANGOLARE MASSIMA: $0.0014 < 0.002 \text{ rad}$

Verifiche soddisfatte.

9 CONCLUSIONI

Tenuto conto degli interventi previsti nell'ambito del progetto di miglioramento sismico (che prevede la modifica dei sistemi di vincolo), si ritiene che le verifiche di sicurezza secondo DM 17 gennaio 2018 condotte per l'impalcato con i Treni Reali C3 siano soddisfatte.

Il confronto tra le analisi dei carichi ha evidenziato che le azioni da traffico derivanti dal Treno di tipo A del 1945 sono superiori a quelle derivanti dal Treno Reale C3.