

COMMITTENTE



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE
DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01

CUP: J31J05000010001

PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA

TRATTA RHO – GALLARATE

QUADRUPPLICAMENTO RHO – PARABIAGO E RACCORDO Y

VI04 - ATTRAVERSAMENTO FIUME OLONA - Travata metallica a parete piena

km -0+114 Singolo Binario Nord

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

SCALA:

-

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

MDL1 31 D 09 CL VI0407 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	
A	Emissione Definitiva	L. Gerica	novembre 2017	F. Bonifazi	novembre 2017	S. Borelli	novembre 2017	

ITALFERR S.p.A.
 U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
 Dott. Ing. Angelo Vittorzi
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
 n. 20783
 novembre 2017

File: MDL131D09CLVI0407001A.docx

n. Elab.:

INDICE

1. PREMESSA	4
1.1 ESECUZIONE DEL MANUFATTO	4
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
3. MATERIALI IMPIEGATI	6
4. MODELLO DI CALCOLO	7
5. ANALISI DEI CARICHI UNITARI	8
5.1 CARICHI PERMANENTI	8
5.1.1 Pesi propri (G1).....	8
5.1.2 Carichi permanenti portati (G2).....	8
5.2 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI	9
5.2.1 Treni di carico.....	9
5.2.2 Azioni orizzontali	13
5.3 AZIONI CLIMATICHE	14
5.3.1 Variazione termica	14
5.3.2 Azione della neve.....	14
5.3.3 Azione del vento	14
5.4 AZIONI ECCEZIONALI	16
5.5 AZIONI INDIRETTE	16
5.6 AZIONI SISMICHE	17
5.7 COMBINAZIONI DI CARICO	19
6. SEZIONI ELEMENTI IMPALCATO	20
7. ANALISI MODALE	21
8. VERIFICHE SLU	22
8.1 VERIFICHE DI RESISTENZA TRAVI PRINCIPALI	22
8.2 VERIFICHE DI RESISTENZA TRAVERSI.....	27
9. VERIFICHE A FATICA TRAVI PRINCIPALI.....	29
10. VERIFICHE SLE.....	30
10.1 VERIFICHE DI DEFORMABILITA'	30
11. REAZIONI AGLI APPOGGI.....	31
11.1 SCHEMA APPOGGI	31
11.2 REAZIONI APPOGGI.....	31
12. APPENDICE.....	39

12.1	VALIDAZIONE MODELLO DI CALCOLO	39
12.1.1	CARICHI	39
12.1.2	MODELLO SEMPLIFICATO	41

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione sono le verifiche principali (a livello globale) della travata metallica **portata teorica pari a 25 m**. Le travate presentano un pacchetto P.F.-sottotraverso pari a 1.32 m con altezza travi metalliche pari a 2.8 m. L'impalcato comprende nella piattaforma un binario ed è composto da 2 travi metalliche a interasse 7 m, irrigidite da traversi HEA400 ogni 0.50m.

Gli apparecchi d'appoggio, in acciaio-teflon, rispettano la Specifica per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti negli impalcati ferroviari e nei cavalcavia.

1.1 ESECUZIONE DEL MANUFATTO

Ciascuna trave è costituita da due tipologie di conci saldati a piena penetrazione (o in alternativa bullonati).

La soletta sarà gettata in opera.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

- ✓ **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
- ✓ **DM 14 gennaio 2008** Nuove Norme Tecniche per le costruzioni.
- ✓ **Circolare 2 febbraio 2009 n.617** Nuova circolare delle Norme Tecniche per le costruzioni
- ✓ **"Manuale di Progettazione delle Opere Civili"** Parte II-Sezione 2 Cod. RFI DTC SI MA IFS 001 A del 30_12_16
- ✓ **"Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili"** Parte II - Sezione 6 Cod RFI DTC SI PS SP IFS 001 A del 30_12_16 Parte II - Sezione 12 Cod RFI DTC SI PS SP IFS 002 A del 30_12_16
- ✓ **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

Tutti gli elementi lavorati dovranno essere controllati ed accettati in accordo alla istruzione FS44/M e alla uni en **1090-2** (classe di esecuzione exc4 eccetto camminamenti e grigliati per i quali, come previsto sull'appendice b, si può utilizzare la classe di esecuzione exc2).

3. MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO PER SOLETTA			
C32/40			
$R_{ck} =$	40	N/mm^2	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	33.2	N/mm^2	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	41.2	N/mm^3	resistenza caratteristica cilindrica media
$\gamma_M =$	1.5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	18.8	N/mm^2	resistenza di progetto
$E_{cm} =$	33642.8	N/mm^2	modulo elastico BT
$E_{cm}^* =$	11846.0	N/mm^2	modulo elastico LT
E_{cm} ritiro=	13609.5	N/mm^2	modulo elastico viscoso
XC3+XD3+XF2			Classe di esposizione
$c =$	30	mm	copri ferro minimo
ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE			
B 450 C controllato in stabilimento			
$f_{yk} =$	450	N/mm^2	tensione caratteristica di snervamento
$\gamma_M =$	1.15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU elastico
$f_{yd} =$	391.3	N/mm^2	resistenza di progetto
$E_s =$	210000	N/mm^2	modulo elastico
ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA			
S355J2G1W controllato in stabilimento			
$f_{yk} =$	355	MPa	Resistenza di calcolo ($t \leq 40$ mm)
$f_{yk} =$	335	MPa	Resistenza di calcolo ($t > 40$ mm)
$\gamma_M =$	1.05	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU elastico
$f_{yd} =$	338.1	N/mm^2	resistenza di progetto ($t \leq 40$ mm)
$f_{yd} =$	319.0	N/mm^3	resistenza di progetto ($t > 40$ mm)
$E_s =$	209000	MPa	modulo elastico
ACCIAIO PIOLI NELSON			
St 37-3K DIN 17100			
$f_{yk} =$	355	N/mm^2	tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000	N/mm^2	modulo elastico
ACCIAIO bulloni e dadi			
viti	8.8; 10.9	Conformi per le caratteristiche dimensionali alle	
dadi	8; 10	UNI-EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968	
SALDATURE			
Procedimenti di saldatura omologati e qualificati (tipo automatico ad arco sommerso o altri che verranno concordati e accettati dall'ente appaltante) conformi a D.M. 14.01.2008.			

4. MODELLO DI CALCOLO

Per valutare a livello globale le sollecitazioni e le deformazioni delle varie parti che costituiscono il viadotto (travi, soletta, trasversi, ecc.) sotto le varie azioni di progetto, sono state effettuate modellazioni con il programma agli elementi finiti SAP2000.

Nello studio globale longitudinale dell'impalcato si sono utilizzati due modelli: per le verifiche di resistenza non si è tenuto conto del contributo irrigidente della soletta, considerato invece per le verifiche di deformabilità.

La soletta è modellata con elementi shell che ne schematizzano il comportamento trasversale. Per ottenerne il corretto funzionamento si sono introdotti bracci fittizi, di rigidità infinita, che connettono i baricentri delle membrature.

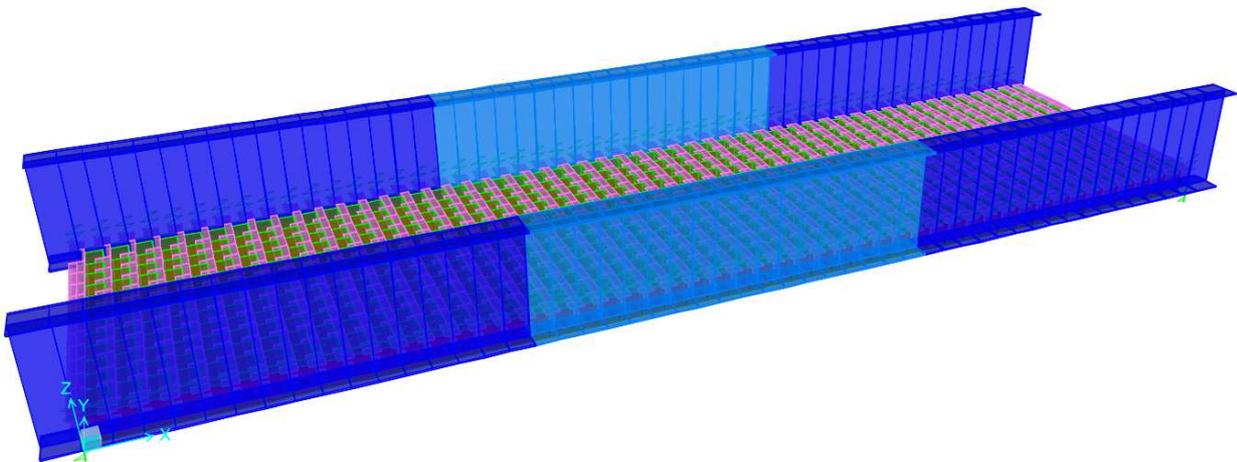


Figura 1. *Modello agli elementi finiti realizzato con programma di calcolo Sap2000*

5. ANALISI DEI CARICHI UNITARI

Si riportano nel presente capitolo le azioni considerate nel modello di calcolo per la determinazione delle sollecitazioni agenti.

5.1 CARICHI PERMANENTI

5.1.1 PESI PROPRI (G1)

- Peso proprio delle travi in acciaio (inclusi trasversi e irrigidim.) = **42.7 kN/m** (valore stimato da modello);
- Peso proprio della soletta di spessore 0.6 m = **106.5 kN/m**

Totale Peso proprio = **149.2 kN/m**

5.1.2 CARICHI PERMANENTI PORTATI (G2)

Valori complessivi per l'intera larghezza di impalcato:

Ballast + armamento + impermeabilizzazione	=	$4.2 \cdot 0.85 \cdot 18$	=	64.26 kN/m
Muretti paraballast + canalette porta cavi + impianti	=	$0.72 \cdot 25$	=	18 kN/m
Barriere antirumore o parapetti (L = 26.25m)	=	$1 \cdot 4 \text{ m} \cdot 4 \text{ kN/m}^2 \cdot 2$	=	32 kN/m

Totale carichi permanenti portati = **115.9 kN/m**

TOTALE AZIONI PERMANENTI AL METRO (G1+G2) = **265.1 kN/m**

(TOTALE AZIONI PERMANENTI = $265.1 \cdot 25 = 6627.5 \text{ kN}$)

5.2 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

5.2.1 TRENI DI CARICO

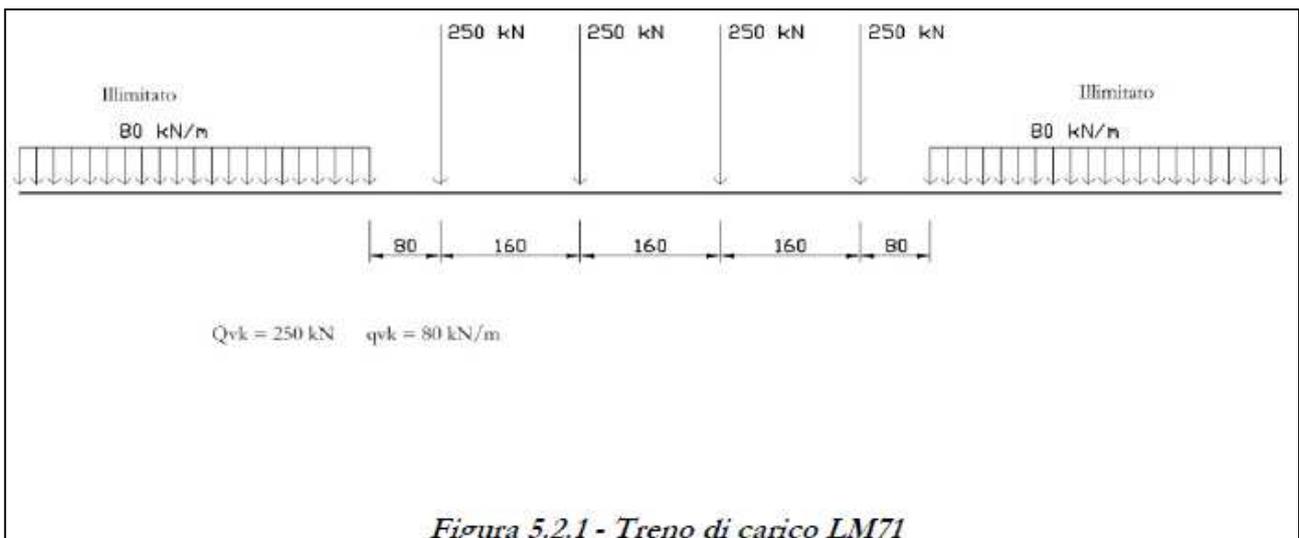
I carichi verticali sono definiti attraverso dei modelli di carico; in particolare, sono forniti due treni di carico distinti: il primo rappresentativo del traffico normale (LM 71) ed il secondo di quello pesante (SW2).

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: $e = \frac{s}{8} = \frac{143.5}{8} = 8 \text{ cm}$

L'azione verticale applicata è la seguente:

Vehicle Data

Nome veicolo: LM71 Unità: KN, m, C

Prospetto del Carico



Carichi

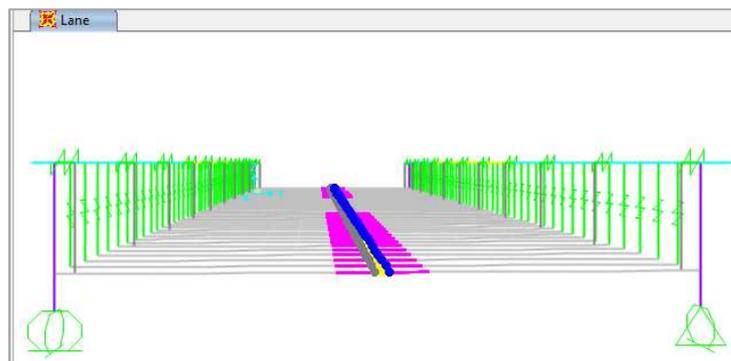
Carico	Minimo Distanza	Massimo Distanza	Uniforme Carico	Assale Carico
Tipo Lunghezza				
Leading Load	Infinite		80.	0.
Leading Load	Infinite		80.	0.
Fixed Length	0.8		0.	250.
Fixed Length	1.6		0.	250.
Fixed Length	1.6		0.	250.
Fixed Length	1.6		0.	250.
Fixed Length	0.8		0.	0.
Trailing Load	Infinite	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

Buttons: Agg., Inserisci, Modif., Canc., OK, Annulla

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 $\alpha = 1.10$.

Utilizzando il Moving load case, una volta definita la posizione della lane di carico (asse binario), il software individua la risposta massima della struttura inviluppando le possibili posizioni del carico.



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.

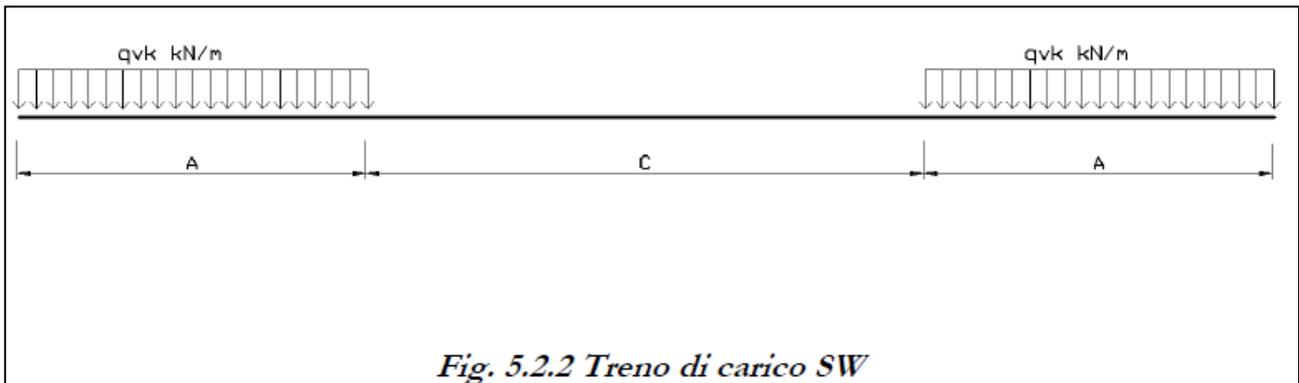


Fig. 5.2.2 Treno di carico SW

L'azione verticale applicata è la seguente:

Vehicle Data

Nome veicolo: SW2 Unità: KN, m, C

Prospetto del Carico



Carichi

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

Agg. Inserisci Modif. Canc.

Vehicle Remains Fully In Path

OK Annulla

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 la Tabella 1.4.2.5.3.1:

- Travi principali $L_\Phi = L = 25 \text{ m}$;

$$\Phi_3 = 1.18$$

- Traversi $L_\Phi = L = 25 \text{ m}$;

$$\Phi_3 = 1.61$$

Per la verifica a fatica invece, il coefficiente di incremento dinamico del sovraccarico teorico è stato valutato mediante la seguente formula, in accordo alla “Specificazione per la verifica a fatica dei ponti ferroviari”:

$$\Phi_2 = \frac{1.44}{\sqrt{L_\Phi} - 0.2} + 0.82 \quad \text{con la limitazione} \quad 1 \leq \Phi_3 \leq 1.67$$

- Travi principali $L_\Phi = L = 25 \text{ m}$;

$$\Phi_3 = 1.12$$

- Traversi $L_\Phi = L = 25 \text{ m}$;

$$\Phi_3 = 1.41$$

5.2.2 AZIONI ORIZZONTALI

Serpeggio

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

Avviamento e frenatura

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

Treno LM71

$$Q_{ak} = 33 * 25 * 1.1 = 907.5 \text{ kN};$$

Treno SW2

$$Q_{ak} = 33 * 12.5 * 1 = 412.5 \text{ kN}$$

Frenatura:

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

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

Treno LM71

$$Q_{bk} = 20 * 25 * 1.1 = 550 \text{ kN}$$

Treno SW2

$$Q_{bk} = 35 * 12.5 * 1 = 437.5 \text{ kN}$$

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.

5.3 AZIONI CLIMATICHE

5.3.1 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

La variazione termica uniforme volumetrica da considerare per un impalcato in acciaio e armamento su ballast risulta pari a $\pm 20^{\circ}\text{C}$.

5.3.2 AZIONE DELLA NEVE

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

5.3.3 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.

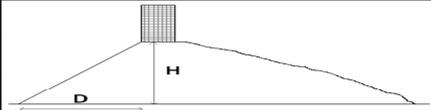
Calcolo dell'AZIONE DEL VENTO [NTC 08 - par. 3.3]

REGIONE	Zona	$v_{ref,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
Veneto	1	25	1000	0.01

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	10	25.0	25.0	391.20

Classe di rugosità del terreno	Categoria di esposizione del sito
Aree prive di ostacoli	nel mare, entro 1.5 km dalla costa
D	I

La struttura è ubicata su un rilevato?		NO	
H [m]	3.00	β	0.00
D [m]	4.50	γ	1.00



Coefficiente di topografia	c_t
	1.00

Coefficiente di esposizione				Ulteriori coefficienti	
k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	z [m]	c_d	1.00
0.17	0.01	2.00	8.00	c_f	0.01
c_e			2.64		

Coefficiente di forma o aerodinamico [C3.3.10.4]	
Tipologia di struttura soggetta all'azione del vento:	travi a parete piena

Travi ad anima piena					
	φ	1.00			
Altezza della travata	h [m]	1.6			
Distanza tra le travate	d [m]	1.7	1 ^a travata	2 ^a travata	
	d/h	1.06	$c_{p,1}$	$c_{p,2}$	
	μ	0.20	1.4	0.28	

Pressione del vento	$T_R =$	50	anni
pressione del vento travata esposta	$p_{,1}$ [N/m ²]	1448	
pressione del vento travata successiva	$p_{,2}$ [N/m ²]	290	
azione tangenziale del vento	p_f [N/m ²]	10	

Cautelativamente è stata considerata sulla travata, una pressione uniforme pari a 2,5 kN/m².

5.4 AZIONI ECCEZIONALI

Deragliamento schema 1

Si considerano due stese di carico di lunghezza 6.40 m, intensità di 60 kN/m, ad una distanza pari allo scartamento S ed eccentriche rispettivamente 1.5 s e s.

Deragliamento schema 2

Si considera un carico lineare di lunghezza 20.00 m, intensità $80 \cdot 1.4$ kN/m, eccentrico di 1.5 s rispetto all'asse binari.

5.5 AZIONI INDIRETTE

Resistenze parassite nei vincoli

Si considera, convenzionalmente, una resistenza pari al 6% del carico verticale totale (permanenti + accidentali dinamizzati).

5.6 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: LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

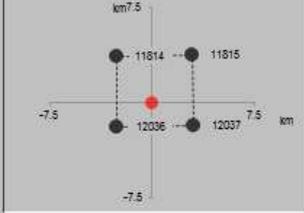
Grafici spettri di risposta

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

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

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

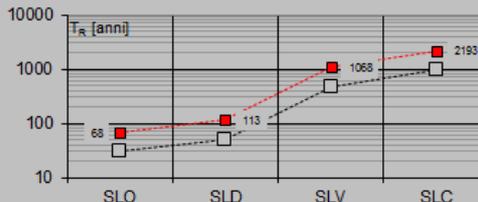
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato: **SLV** in fo

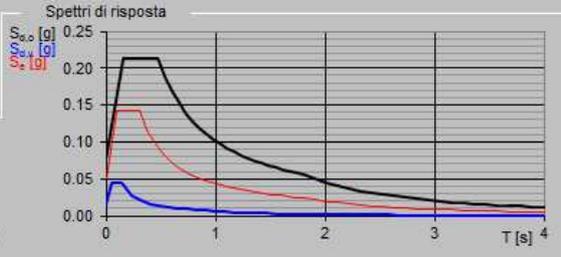
Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: **C** in fo $S_E = 1.500$ $C_C = 1.553$ in fo
 Categoria topografica: **T1** in fo $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ in fo
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%): **5** $\eta = 1.000$ in fo
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 : **1** Regol. in altezza: **si** in fo

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q : **1** $\eta = 1.000$ in fo

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta →
 Parametri e punti spettri di risposta →

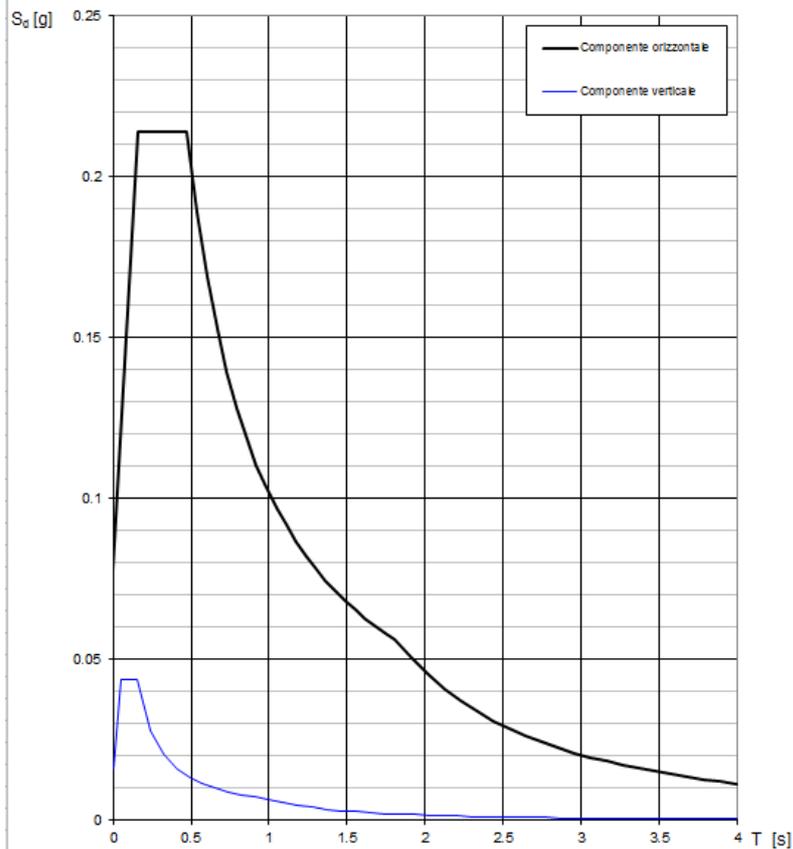
Spettri di risposta



— 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 limiti SLV



5.7 COMBINAZIONI DI CARICO

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

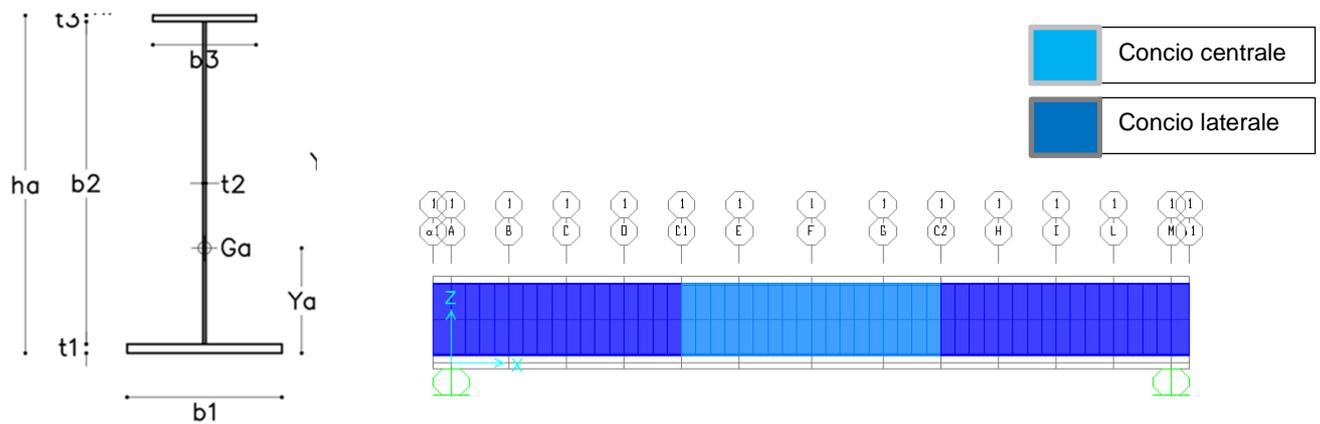
COEFFICIENTI DI COMB.			A1 STR
Carichi permanenti	<i>sfav</i>	YG1	1.35
	<i>fav</i>		1
Carichi permanenti non strutturali	<i>sfav</i>	YG2	1.5
	<i>fav</i>		0
Traffico	<i>sfav</i>	Yq	1.45
	<i>fav</i>		0
Variabili	<i>sfav</i>	Yqi	1.5
	<i>fav</i>		0

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

VALUTAZIONE DEI CARICHI DA TRAFFICO													
Commenti	TIPO DI CARICO	Azioni Verticali			Azioni Orizzontali						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

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

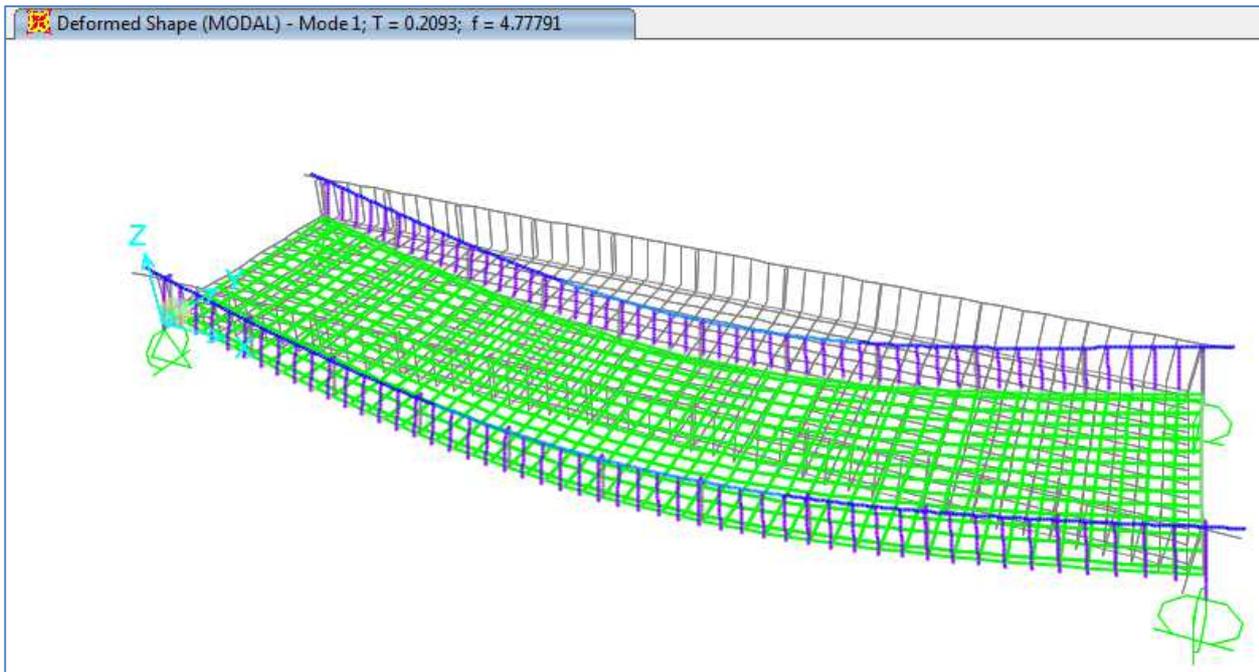
6. SEZIONI ELEMENTI IMPALCATO



TRAVE				
Concio	centrale	laterale		
ha	2800	2800	mm	altezza totale trave
b3	700	700	mm	lunghezza piattab sup
t3	40	35	mm	spessore piattab sup
b2	1510	2730	mm	altezza anima
t2	20	25	mm	spessore anima
b1	700	700	mm	lunghezza piattab inf
t1	40	35	mm	spessore piattab inf
	2	2		NUMERO TRAVI
i	7	7	m	INTERASSE TRAVI
Aa	110400	117250	mm ²	area acciaio
Ja	1.40e+11	1.36e+11	mm ⁴	inerzia acciaio
ya	1400	1400	mm	baricentro trave dal basso

7. ANALISI MODALE

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



Si riportano solo i primi 15 modi di vibrare, ma l'analisi è stata condotta verificando che il numero totale di mdv consentisse l'eccitazione dell'85% della massa in tutte le componenti di spostamento.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCas	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless											
MODAL	Mode	1	0.209	0.02	0.00	0.79	2%	0%	79%	0.00	0.00	0.00	0%	0%	0%
MODAL	Mode	2	0.134	0.00	0.65	0.00	2%	65%	79%	0.24	0.00	0.01	24%	0%	1%
MODAL	Mode	3	0.107	0.00	0.29	0.00	2%	93%	79%	0.52	0.00	0.00	75%	0%	1%
MODAL	Mode	4	0.083	0.15	0.00	0.00	17%	93%	80%	0.00	0.51	0.11	76%	51%	12%
MODAL	Mode	5	0.075	0.32	0.00	0.00	49%	94%	80%	0.00	0.00	0.52	76%	51%	64%
MODAL	Mode	6	0.067	0.46	0.00	0.00	95%	94%	80%	0.00	0.14	0.16	76%	65%	80%
MODAL	Mode	7	0.059	0.02	0.03	0.10	97%	96%	90%	0.00	0.00	0.00	76%	65%	80%
MODAL	Mode	8	0.048	0.00	0.00	0.00	97%	96%	90%	0.00	0.05	0.08	76%	70%	88%
MODAL	Mode	9	0.044	0.01	0.00	0.01	98%	96%	91%	0.00	0.00	0.00	76%	70%	88%
MODAL	Mode	10	0.042	0.00	0.00	0.00	98%	96%	91%	0.01	0.00	0.01	77%	70%	89%
MODAL	Mode	11	0.039	0.00	0.00	0.00	98%	96%	91%	0.01	0.00	0.01	78%	70%	90%
MODAL	Mode	12	0.038	0.00	0.01	0.00	98%	97%	91%	0.00	0.00	0.00	78%	70%	90%

Considerando la prima frequenza propria flessionale dell'impalcato, si valuta la necessità o meno di effettuare analisi dinamiche piuttosto che statiche, in base alle indicazioni del **RFI DTC INC PO SP IFS 001 A § 1.4.2.4**.

La suddetta frequenza, calcolata analiticamente corrisponde a quella fornita dal modello.

Come si evince da grafico seguente non è necessario effettuare analisi dinamiche.

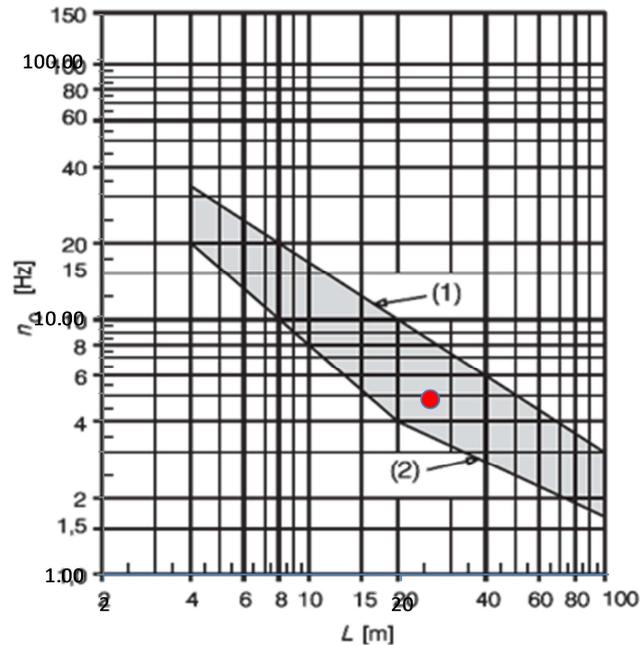
L	25	m
---	----	---

δ_0	13.8	mm
N_0	4.78	Hz

δ_0 è la freccia in mezzera dovuta alle azioni permanenti

N_0 è la prima frequenza naturale flessionale del ponte

(1)	8.53	Hz
(2)	3.51	Hz



(1) Limite superiore della frequenza naturale

(2) Limite inferiore della frequenza naturale

8. VERIFICHE SLU

Si riportano di seguito le sollecitazioni flettenti e taglianti per le travi:

8.1 VERIFICHE DI RESISTENZA TRAVI PRINCIPALI

Si riporta di seguito la classificazione delle sezioni per lo studio delle proprietà meccanico-inerziali della sezione:

Concio centrale

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

		d ; d ₁	d ₂	d ₃	d ₄		
Larghezza/spessore :	Anima	d/t _w =	25.00	110.00			$\alpha_y =$ 0.477
	Piattabande	c/t =	7.80				$\psi_y =$ -1.000
		$\alpha_d =$	1.000	0.358			
asse neutro el. = cm 139.970		$\psi_d =$	0.630	-1.587			
		$c_w =$	-0.630	1.588			
Limite larghezza/spessore anima :	classe 1		27.64	84.31			
	classe 2		31.83	97.19			
	classe 3		40.07	169.27			
	$k_\sigma =$						
						classe dell'anima	3
Limite larghezza/spessore piattab.	classe 1		7.54				
	classe 2		8.38				
	classe 3		11.73				
						classe piattabanda	2
						CLASSE SEZIONE	3

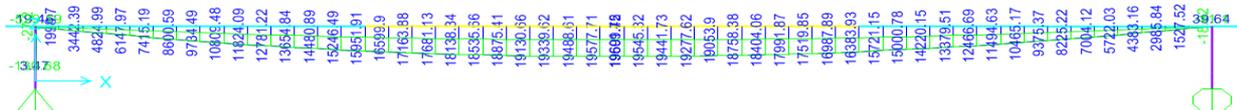
Concio laterale

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

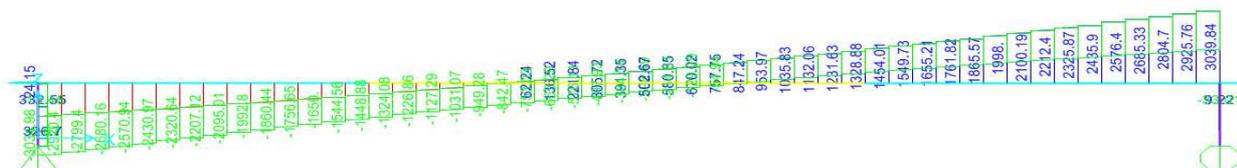
		d ; d ₁	d ₂	d ₃	d ₄		
Larghezza/spessore :	Anima	d/t _w =	25.00	111.50			$\alpha_y =$ 0.477
	Piattabande	c/t =	11.14				$\psi_y =$ -1.000
		$\alpha_d =$	1.000	0.360			
asse neutro el. = cm 139.966		$\psi_d =$	0.634	-1.577			
		$c_w =$	-0.634	1.578			
Limite larghezza/spessore anima :	classe 1		26.85	81.47			
	classe 2		30.92	93.92			
	classe 3		38.87	163.25			
	$k_\sigma =$						
						classe dell'anima	3
Limite larghezza/spessore piattab.	classe 1		7.32				
	classe 2		8.14				
	classe 3		11.39				
						classe piattabanda	3
						CLASSE SEZIONE	3

INVILUPPO SLU

Momento flettente



Taglio



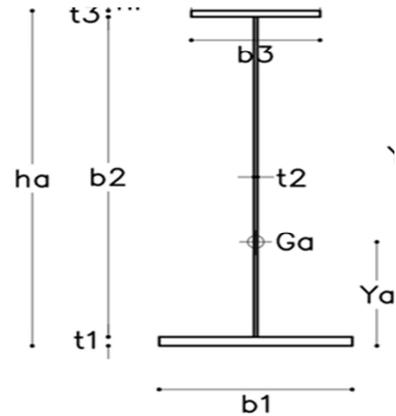
Mmax. = 19609.9 kN*m

Tmax. = 3039.9 kN

CONCIO MEZZERIA TRAVE (Tipo concio = centrale):

Dati sezione

Trave in acciaio			
schema statico			trave appoggiata
H		mm	altezza totale sezione
ha	2800	mm	altezza totale trave
b3	700	mm	lunghezza piattab sup
t3	40	mm	spessore piattab sup
b2	2720	mm	altezza anima
t2	20	mm	spessore anima
b1	700	mm	lunghezza piattab inf
t1	40	mm	spessore piattab inf
	2		NUMERO TRAVI
i	6.85	m	INTERASSE TRAVI
Aa	110400	mm ²	area acciaio
Ja	1.40E+11	mm ⁴	inerzia acciaio
ya	1400	mm	baricentro trave



Verifiche

	SLU		
mom. Flett.	Med	19609.9	kNm
taglio max	Ted	1328.9	kN

	fibra	σ SLU	τ SLU	σ id TOT	σ limite		tasso di lavoro
piattab sup	D	-195.8	0.0	195.8	319.0	verificato	0.61
anima sup	C	-190.2	24.4	194.9	319.0	verificato	0.61
anima inf	B	190.2	24.4	194.9	319.0	verificato	0.61
piattab inf	A	195.8	0.0	195.8	319.0	verificato	0.61

[Mpa] [Mpa] [Mpa] [Mpa]

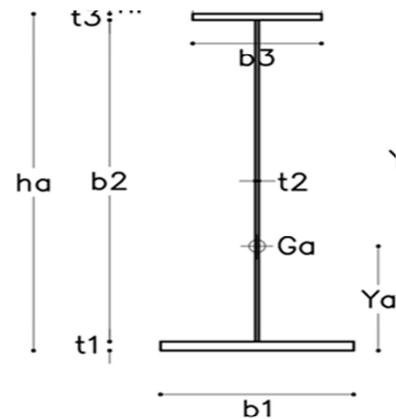
		τ^* SLU	τ^* TOT	τ limite		
anima	B, C	24.4	24.4	184.2	verificato	0.13

[Mpa] [Mpa] [Mpa]

CONCIO IN APPOGGIO (Tipo concio = laterale):

Dati sezione

Trave in acciaio			
schema statico		trave appoggiata	
H		mm	altezza totale sezione
ha	2800	mm	altezza totale trave
b3	700	mm	lunghezza piattab sup
t3	35	mm	spessore piattab sup
b2	2730	mm	altezza anima
t2	25	mm	spessore anima
b1	700	mm	lunghezza piattab inf
t1	35	mm	spessore piattab inf
	2		NUMERO TRAVI
i	6.85	m	INTERASSE TRAVI
Aa	117250	mm ²	area acciaio
Ja	1.36E+11	mm ⁴	inerzia acciaio
ya	1400	mm	baricentro trave



Verifiche

	SLU		
mom. Flett.	M ed	16600.5	kNm
taglio agente	T ed	1530.0	kN
taglio max	T ed*	3039.9	kN

	fibra	σ SLU	τ SLU	σ_{id} TOT	σ limite		tasso di lavoro
piattab sup	D	-170.8	0.0	170.8	338.1	verificato	0.51
anima sup	C	-166.6	22.4	171.0	338.1	verificato	0.51
anima inf	B	166.6	22.4	171.0	338.1	verificato	0.51
piattab inf	A	170.8	0.0	170.8	338.1	verificato	0.51

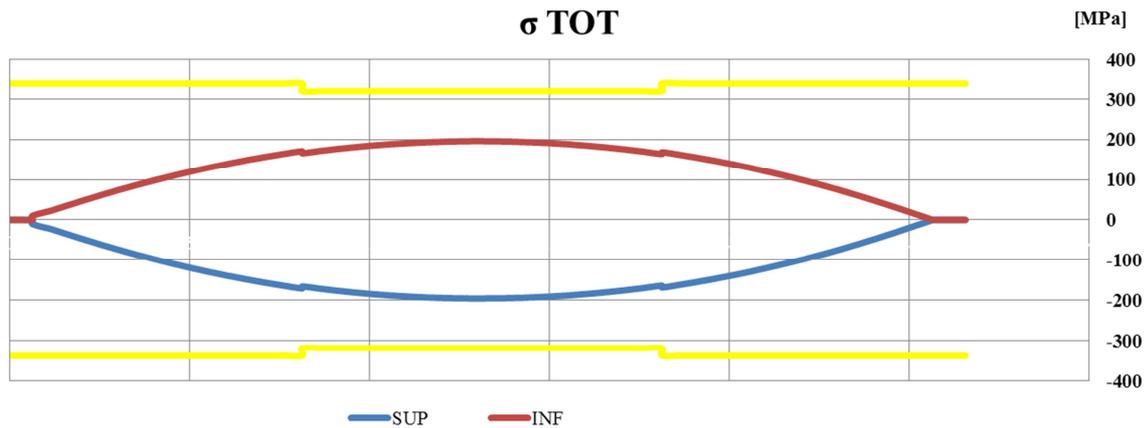
[Mpa] [Mpa] [Mpa] [Mpa]

		τ^* SLU	τ^* TOT	τ limite		
anima	B, C	44.5	44.5	195.2	verificato	0.23

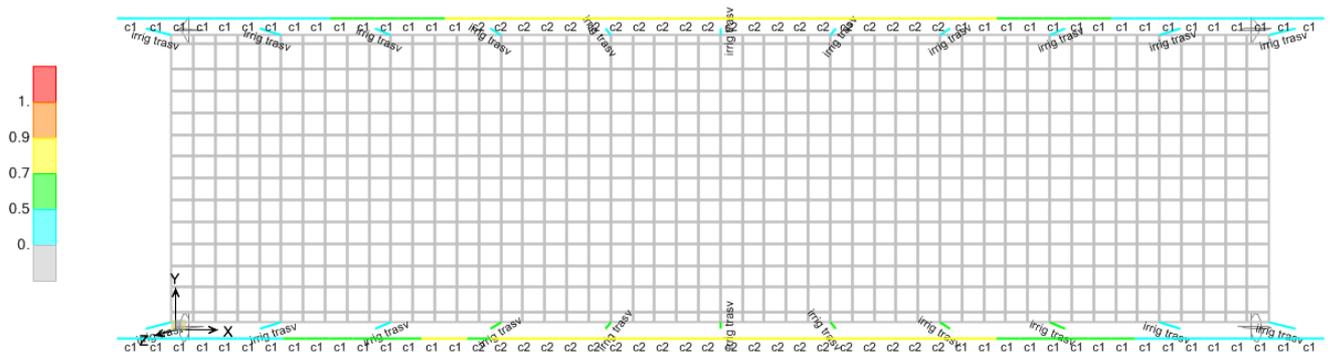
[Mpa] [Mpa] [Mpa]

FUSO DELLE TENSIONI

Si riporta il fuso delle tensioni lungo le fibre inferiori e superiori della trave di progetto ovvero la trave di riva che risulta essere quella maggiormente sollecitata.



Il software di calcolo permette di riportare sinteticamente, per la combinazione dei carichi allo SLU, la verifica a presso flessione delle travi principali:

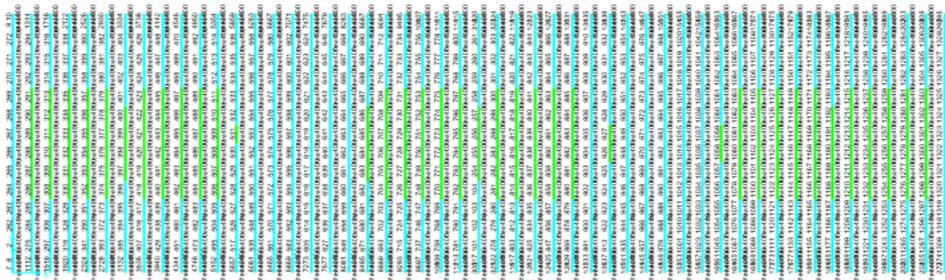


Le verifiche risultano soddisfatte.

8.2 VERIFICHE DI RESISTENZA TRAVERSI

Anche per i traversi, attraverso il software di calcolo si riporta la verifica a pressoflessione, tenendo conto del differente coefficiente dinamico da associare ai treni di carico:

Steel Design Sections (Italian NTC 2008) X



Italian NTC 2008 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 487	X Mid: 5.000	Combo: G1+G2+ENV SLU	Design Type: Beam
Length: 0.500	Y Mid: 3.750	Shape: hea400	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 0.500	Z Mid: 0.300	Class: Class 1	Rolled : No

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

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25	
An/Ag=1.00	RLLF=1.000	PLLF=0.750	D/C Lim=0.950

Aeff=0.015	eNy=0.000	eNz=0.000		
A=0.015	Iyy=4.326E-04	iyy=0.168	W _{el, yy} =0.002	W _{eff, yy} =0.002
It=1.470E-06	Izz=8.554E-05	izz=0.075	W _{el, zz} =5.703E-04	W _{eff, zz} =5.703E-04
Iw=2.943E-06	Iyz=0.000	h=0.390	W _{p1, yy} =0.002	Av, y=0.011
E=210000000.0	fy=355000.000	fu=510000.000	W _{p1, zz} =8.656E-04	Av, z=0.004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
0.500	-0.200	460.166	64.163	26.122	2.900	-0.799

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.37)

D/C Ratio: 0.697 = 0.000 + 0.564 + 0.133 < 0.950 OK
 = NED/(Chi_y NRk/GammaM1) + kyy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
 + kyz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.37)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-0.200	5163.390	5163.390

	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	5163.390	5607.878	722752.258	722752.258	1.000

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	b	0.340 3586452.103	0.039	0.473	1.000	5163.390
MajorB (y-y)	b	0.340 3586452.103	0.039	0.473	1.000	5163.390
Minor (z-z)	c	0.490 709158.670	0.087	0.476	1.000	5163.390
MinorB (z-z)	c	0.490 709158.670	0.087	0.476	1.000	5163.390
Torsional TF	c	0.490 722752.258	0.087	0.476	1.000	5163.390

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	46.924	48.232	47.578	47.709
Minor (z-z)	6.543	6.691	6.617	6.631

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	84.654	84.654	84.654	84.654
Minor (z-z)	29.844	29.844	29.844	

	Curve c	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	McR
LTB		0.490	0.081	0.424	1.000	1.012	13613.939

	kyy	kzy	kzy	kzz
Factors	0.989	0.595	0.687	0.991

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion
Major (z)	2.664	77.071	0.035	OK	0.000
Minor (y)	0.296	226.915	0.001	OK	0.000

	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW
Reduction	77.071	1.000	0.368

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	2.569	2.664

Le verifiche risultano soddisfatte.

9. VERIFICHE A FATICA TRAVI PRINCIPALI

Viene di seguito riportata la verifica a fatica della trave maggiormente sollecitata nelle condizioni di traffico ferroviario comprensivo degli effetti dinamici.

Le caratteristiche geometriche utilizzate sono le medesime cui si è fatto riferimento per le verifiche di resistenza.

Si calcola il fattore di correzione: $\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 < 1.4$

$\lambda = 0.66$, si avrà una tensione massima = $0.66 * 62.5 = 41.2$ MPa

$\Delta\sigma = 71$ Mpa ($\Delta\sigma_{rid.} = 0.89 * 71 = 63$ Mpa)

$41.2 < 63/1.35 = 46.8$ Mpa (verifica soddisfatta)

		fatica			
mom. Flett.	M ed	6254.5	kNm		
taglio max	T ed	914.9	kN		

	fibra	σ Fatica	σ TOT	σ limite		tasso di lavoro
piattab sup	D	-62.5	-41.2	46.8	verificato	0.88
anima sup	C	-60.7	-40.0	46.8	verificato	0.86
anima inf	B	60.7	40.0	46.8	verificato	0.86
piattab inf	A	62.5	41.2	46.8	verificato	0.88

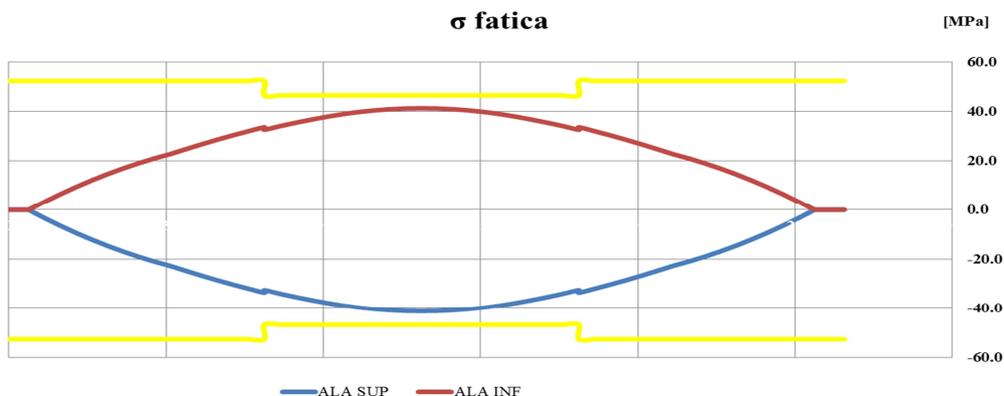
[Mpa] [Mpa] [Mpa]

		τ Fatica	τ TOT	τ limite		tasso di lavoro
anima	C, D	16.8	16.8	59.3	verificato	0.28

[Mpa] [Mpa] [Mpa]

Verifica a fatica	
λ	= 0.66
$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4$	
λ^1	= 0.66
λ^2	= 1
λ^3	= 1
λ^4	= 1
VU	= 100 anni
a	= 1.00 rapporto sigma1treno/2 treni
n	= 0.33 DA NORMA (% di treni su ponte)
γ_m	= 1.35
ks	= 0.89
σ_d	= 71
σ_d red	= 63.13
σ_d red/ γ_m	= 46.8
σ MAX	62.5 MPa
σ MAX * λ	41.2 MPa
	> OK
τ/γ_m	= 80
	59.3

Fuso delle tensioni lungo le piattabande della trave di progetto per lo stato limite di fatica.



Le verifiche risultano soddisfatte.

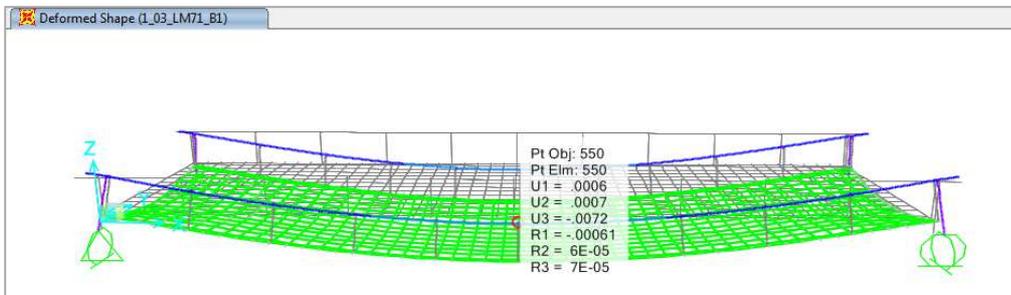
10. VERIFICHE SLE

10.1 VERIFICHE DI DEFORMABILITA'

Si verifica l'inflessione nel piano verticale dell'impalcato. Si considerano agenti i treni di carico LM71 e SW2 incrementati con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α .

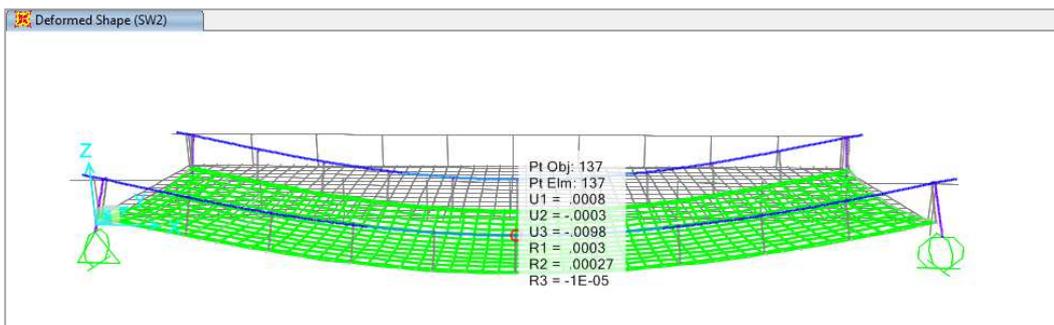
LM71

Abbassamento 7.2 mm < $L/1000 = 25$ mm



SW/2

Abbassamento 9.8 mm < $L/1000 = 25$ mm

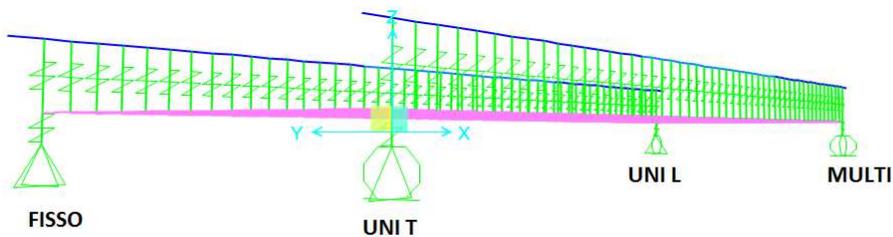


Le verifiche risultano soddisfatte

11. REAZIONI AGLI APPOGGI

11.1 SCHEMA APPOGGI

Lo schema dei vincoli della travata metallica è il seguente:



11.2 REAZIONI APPOGGI

Si riportano di seguito le reazioni agli appoggi per i carichi elementari

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
UNIT	G1	LinStatic		0	0.007477	932.534	0	0	0
UNIT	ballast	LinStatic		0	0.002868	401.562	0	0	0
UNIT	paraballast	LinStatic		0	0.000887	112.5	0	0	0
UNIT	BARRIERE	LinStatic		0	0.001932	210	0	0	0
UNIT	1_13_temp_env	Combinat	Max	0	0.000483	0.000118	0	0	0
UNIT	1_13_temp_env	Combinat	Min	0	-0.00048	-0.00012	0	0	0
UNIT	1_01_SW2	Combinat	Max	0	0.678	1106.083	0	0	0
UNIT	1_01_SW2	Combinat	Min	0	-0.671	-0.00697	0	0	0
UNIT	1_03_LM71_B1	Combinat	Max	0	2.269	1000.11	0	0	0
UNIT	1_03_LM71_B1	Combinat	Min	0	-2.103	-0.449	0	0	0
UNIT	1_05_serp_SW_B1	Combinat	Max	0	-0.396	5.604	0	0	0
UNIT	1_05_serp_SW_B1	Combinat	Min	0	-99.604	0.11	0	0	0
UNIT	1_07_serp_LM71_B1	Combinat	Max	0	-0.396	5.604	0	0	0
UNIT	1_07_serp_LM71_B1	Combinat	Min	0	-99.604	0.11	0	0	0
UNIT	1_09_F-A_SW_B1	Combination		0	0.118	3.471	0	0	0
UNIT	1_11_F-A_LM71_B1	Combination		0	0.246	7.2	0	0	0
UNIT	1_15_vento carico_b1	Combination		0	130.029	-104.705	0	0	0

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
FISSO	G1	LinStatic		0.027	-0.00748	932.408	0	0	0
FISSO	ballast	LinStatic		0	0	401.563	0	0	0
FISSO	paraballast	LinStatic		0.003166	-0.00089	112.5	0	0	0
FISSO	BARRIERE	LinStatic		0.0069	-0.00193	210	0	0	0
FISSO	1_13_temp_env	Combinat	Max	0.001725	0.000483	0.000118	0	0	0
FISSO	1_13_temp_env	Combinat	Min	-0.001725	-0.00048	-0.00012	0	0	0
FISSO	1_01_SW2	Combinat	Max	2.422	0.671	1106.253	0	0	0
FISSO	1_01_SW2	Combinat	Min	-2.396	-0.678	-0.00679	0	0	0
FISSO	1_03_LM71_B1	Combinat	Max	8.104	2.103	1000.3	0	0	0
FISSO	1_03_LM71_B1	Combinat	Min	-7.511	-2.269	-0.443	0	0	0
FISSO	1_05_serp_SW_B1	Combinat	Max	1.414	-0.396	5.604	0	0	0
FISSO	1_05_serp_SW_B1	Combinat	Min	-1.416	-99.604	0.11	0	0	0
FISSO	1_07_serp_LM71_B1	Combinat	Max	1.414	-0.396	5.604	0	0	0
FISSO	1_07_serp_LM71_B1	Combinat	Min	-1.416	-99.604	0.11	0	0	0
FISSO	1_09_F-A_SW_B1	Combination		-218.327	-0.118	-3.471	0	0	0
FISSO	1_11_F-A_LM71_B1	Combination		-452.873	-0.246	-7.2	0	0	0
FISSO	1_15_vento carico_b1	Combination		-4.362	132.471	-105.295	0	0	0

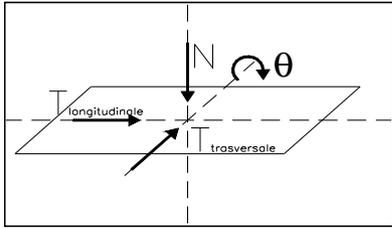
TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
multi	G1	LinStatic		0	0	932.538	0	0	0
multi	ballast	LinStatic		0	0	401.563	0	0	0
multi	paraballast	LinStatic		0	0	112.5	0	0	0
multi	BARRIERE	LinStatic		0	0	210	0	0	0
multi	1_13_temp_env	Combinat	Max	0	0	0.000118	0	0	0
multi	1_13_temp_env	Combinat	Min	0	0	-0.00012	0	0	0
multi	1_01_SW2	Combinat	Max	0	0	1106.247	0	0	0
multi	1_01_SW2	Combinat	Min	0	0	0	0	0	0
multi	1_03_LM71_B1	Combinat	Max	0	0	999.41	0	0	0
multi	1_03_LM71_B1	Combinat	Min	0	0	0	0	0	0
multi	1_05_serp_SW_B1	Combinat	Max	0	0	-0.11	0	0	0
multi	1_05_serp_SW_B1	Combinat	Min	0	0	-5.604	0	0	0
multi	1_07_serp_LM71_B1	Combinat	Max	0	0	-0.11	0	0	0
multi	1_07_serp_LM71_B1	Combinat	Min	0	0	-5.604	0	0	0
multi	1_09_F-A_SW_B1	Combination		0	0	3.529	0	0	0
multi	1_11_F-A_LM71_B1	Combination		0	0	7.32	0	0	0
multi	1_15_vento carico_b1	Combination		0	0	104.705	0	0	0

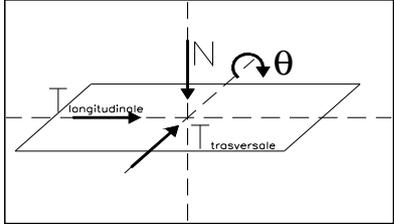
TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
UNI L	G1	LinStatic		-0.027	0	932.404	0	0	0
UNI L	ballast	LinStatic		-0.01	0	401.562	0	0	0
UNI L	paraballast	LinStatic		-0.003166	0	112.5	0	0	0
UNI L	BARRIERE	LinStatic		-0.0069	0	210	0	0	0
UNI L	1_13_temp_env	Combinat	Max	0.001725	0	0.000118	0	0	0
UNI L	1_13_temp_env	Combinat	Min	-0.001725	0	-0.00012	0	0	0
UNI L	1_01_SW2	Combinat	Max	2.396	0	1106.076	0	0	0
UNI L	1_01_SW2	Combinat	Min	-2.422	0	0	0	0	0
UNI L	1_03_LM71_B1	Combinat	Max	7.511	0	999.396	0	0	0
UNI L	1_03_LM71_B1	Combinat	Min	-8.104	0	0	0	0	0
UNI L	1_05_serp_SW_B1	Combinat	Max	1.416	0	-0.11	0	0	0
UNI L	1_05_serp_SW_B1	Combinat	Min	-1.414	0	-5.604	0	0	0
UNI L	1_07_serp_LM71_B1	Combinat	Max	1.416	0	-0.11	0	0	0
UNI L	1_07_serp_LM71_B1	Combinat	Min	-1.414	0	-5.604	0	0	0
UNI L	1_09_F-A_SW_B1	Combination		-219.173	0	-3.529	0	0	0
UNI L	1_11_F-A_LM71_B1	Combination		-454.627	0	-7.32	0	0	0
UNI L	1_15_vento carico_b1	Combination		4.362	0	105.295	0	0	0

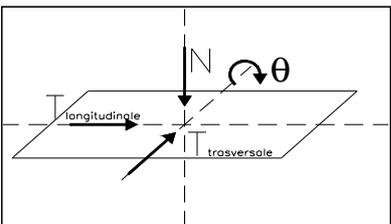
• **VINCOLO FISSO**

			Reazioni degli apparecchi di appoggio						
			max N	min N	max Tl	min Tl	max Tt	min Tt	
			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
Azioni (valori caratteristici)									
1.1	permanenti G, P	peso proprio	932	932	-	-	-	-	-
1.2		permanenti	724	724	-	-	-	-	-
1.3		precompressione	-	-	-	-	-	-	-
1.4		ritiro e viscosità	-	-	-	-	-	-	-
2.1	variabili Q	treni di carico	1106	-1	-	-	-	-	-
2.2		veicoli speciali	-	-	-	-	-	-	-
2.3		forza centrifuga	-	-	-	-	-	-	-
2.4		aviamento e frenatura	7	-7	457	-457	-	-	-
2.5		serpeggio	5	-5	19	-19	100	-100	-
2.6		folta	-	-	-	-	-	-	-
2.7		vento sulla struttura	0	0	0	0	0	0	0
2.8		vento sulla struttura e sui treni di carico	109	-109	112	-112	163	-163	-
2.9		temperatura	0	0	1	-1	0	0	-
2.1									
2.11									
2.12		cedimenti delle sottostrutture	-	-	-	-	-	-	-
2.13		resistenze parassite nei vincoli	-	-	-	-	-	-	-
5.1	combinazioni di esercizio	Nmax	4125	-	662	-	292	-	-
5.2		Nmin	-	2167	662	-	292	-	-
5.3		Tl max	-	-	662	-	292	-	-
5.4		Tt max	-	-	-	-	292	-	-

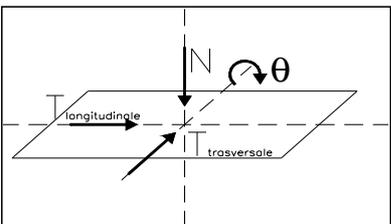
• **VINCOLO UNIDIREZIONALE TRASVERSALE**

			Reazioni degli apparecchi di appoggio					
			max N	min N	max Tl	min Tl	max Tt	min Tt
			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
Azioni (valori caratteristici)								
1.1	permanenti G, P	peso proprio	933	933	-	-	-	-
1.2		permanenti	724	724	-	-	-	-
1.3		precompressione	-	-	-	-	-	-
1.4		ritiro e viscosità	-	-	-	-	-	-
2.1	variabili Q	treni di carico	1107	-1	-	-	-	-
2.2		veicoli speciali	-	-	-	-	-	-
2.3		forza centrifuga	-	-	-	-	-	-
2.4		avviamento e frenatura	7	-7	0	0	-	-
2.5		serpeggio	5	-5	0	0	100	-100
2.6		folla	-	-	-	-	-	-
2.7		vento sulla struttura	0	0	0	0	0	0
2.8		vento sulla struttura e sui treni di carico	101	-101	0	0	100	-100
2.9		temperatura	0	0	0	0	0	0
2.1								
2.11								
2.12		cedimenti delle sottostrutture	-	-	-	-	-	-
2.13		resistenze parassite nei vincoli	-	-	-	-	-	-
5.1	combinazioni di esercizio	Nmax	4115	-	0	-	234	-
5.2		Nmin	-	2178	0	-	234	-
5.3		Tl max		-	0	-	234	-
5.4		Ttmax		-		-	234	-

• **VINCOLO UNIDIREZIONALE LONGITUDINALE**

			Reazioni degli apparecchi di appoggio					
			max N	min N	max Tl	min Tl	max Tt	min Tt
			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
Azioni (valori caratteristici)								
1.1	permanenti G, P	peso proprio	932	932	-	-	-	-
1.2		permanenti	724	724	-	-	-	-
1.3		precompressione	-	-	-	-	-	-
1.4		ritiro e viscosità	-	-	-	-	-	-
2.1	variabili Q	treni di carico	1106	0	-	-	-	-
2.2		veicoli speciali	-	-	-	-	-	-
2.3		forza centrifuga	-	-	-	-	-	-
2.4		avviamento e frenatura	7	-7	451	-451	-	-
2.5		serpeggio	0	0	10	-10	0	0
2.6		folla	-	-	-	-	-	-
2.7		vento sulla struttura	0	0	0	0	0	0
2.8		vento sulla struttura e sui treni di carico	109	-109	-112	112	0	0
2.9		temperatura	0	0	1	-1	0	0
2.1								
2.11								
2.12		cedimenti delle sottostrutture	-	-	-	-	-	-
2.13		resistenze parassite nei vincoli	-	-	-	-	-	-
5.1	combinazioni di esercizio	Nmax	4116	-	654	-	0	-
5.2		Nmin	-	2177	654	-	0	-
5.3		Tl max		-	654	-	0	-
5.4		Ttmax		-		-	0	-

• **VINCOLO MULTIDIREZIONALE**

			Reazioni degli apparecchi di appoggio					
			max N	min N	max Tl	min Tl	max Tt	min Tt
			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
Azioni (valori caratteristici)								
1.1	permanenti G, P	peso proprio	933	933	-	-	-	-
1.2		permanenti	724	724	-	-	-	-
1.3		precompressione	-	-	-	-	-	-
1.4		ritiro e viscosità	-	-	-	-	-	-
2.1	variabili Q	treni di carico	1106	0	-	-	-	-
2.2		veicoli speciali	-	-	-	-	-	-
2.3		forza centrifuga	-	-	-	-	-	-
2.4		avviamento e frenatura	7	-7	0	0	-	-
2.5		serpeggio	0	0	0	0	0	0
2.6		folla	-	-	-	-	-	-
2.7		vento sulla struttura	0	0	0	0	0	0
2.8		vento sulla struttura e sui treni di carico	101	-101	0	0	0	0
2.9		temperatura	0	0	0	0	0	0
2.1								
2.11								
2.12		cedimenti delle sottostrutture	-	-	-	-	-	-
2.13		resistenze parassite nei vincoli	-	-	-	-	-	-
5.1	combinazioni di esercizio	Nmax	4105	-	0	-	0	-
5.2		Nmin	-	2188	0	-	0	-
5.3		Tl max		-	0	-	0	-
5.4		Ttmax		-		-	0	-

AZIONE SISMICA:

V_N	75
C_u	1.5

luce (m)	25
----------	----

PP+ soletta	G1 (kN)	3729.9
perm + fonoass	G2 (kN)	2896.2
0,2 (SW/2+a/f)	Q (kN)	946.5

	Masse (t)	Accelerazione m/s^2 (Spettro elastico SLV)	Fo (kN)
Pesi propri	380.2	0.214 g	797.6
Permanenti portati (includere eventuali barriere a.r.)	295.2	0.214 g	619.3
0,2 (SW/2+LM71)	96.5	0.214 g	202.4
TOTALE			1619

AZIONE ORIZZONTALE SISMICA MAX SU APPOGGIO **923**

VALORE APPROSSIMATO

925

12. APPENDICE

12.1 VALIDAZIONE MODELLO DI CALCOLO

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. 14/01/2008”, 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.

12.1.1 CARICHI

Si considerano tre condizioni di carico elementare, due permanenti e un accidentale:

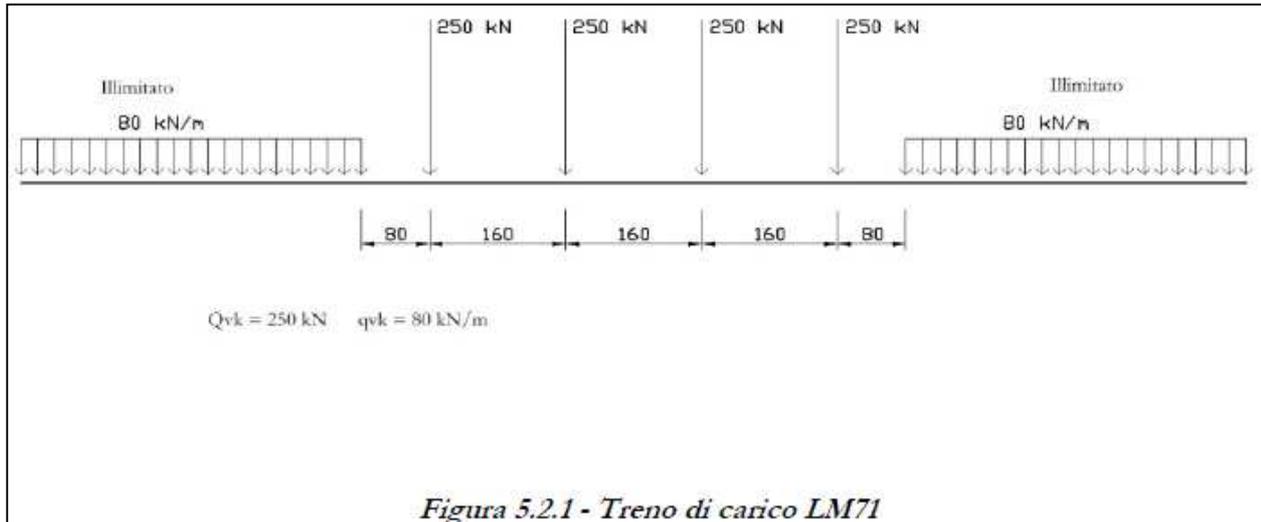
G1:

- Peso proprio delle travi in acciaio (inclusi trasversi, irrigidimenti, ecc.) = 42.7 kN/m
- Peso proprio della soletta = 106.5 kN/m

G2:

- Ballast = 10.5·0.13·20 = 64.2 kN/m
- paraballast = = 18 kN/m
- Barriere antirumore, L=26.25m = = 32 kN/m

Treno di carico LM71:

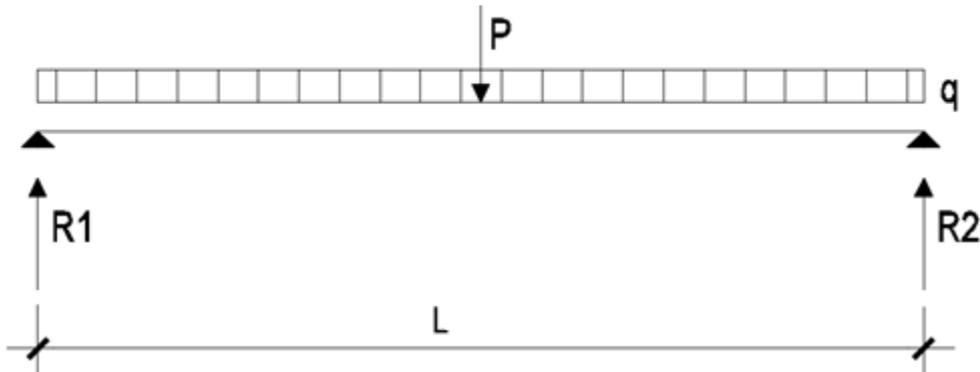


Treno di carico SW2:



12.1.2 MODELLO SEMPLIFICATO

Il modello analitico di confronto è quello di trave semplicemente appoggiata con carico uniformemente ripartito (q) su una luce L pari all'interasse tra gli appoggi della struttura.



Sia $P = q \cdot L$

Le corrispondenti reazioni agli appoggi saranno: $R1 = R2 = P/2$

$q =$

- G1 (permanente)
- G2 (permanenti portati)
- LM71 o Sw/2

Calcolo analitico:

	q		$L/2$	$p L/2$	/num travi
G1	149.2	R1-R2	12.5	1864.9	932.5
G2	115.85	R1-R2	12.5	1448.1	724.1

		$L^2/8$	$p L^2/8$	/num travi	
	149.2	M max	78.1	11655.9	5827.9
	115.85	M max	78.1	9050.8	4525.4

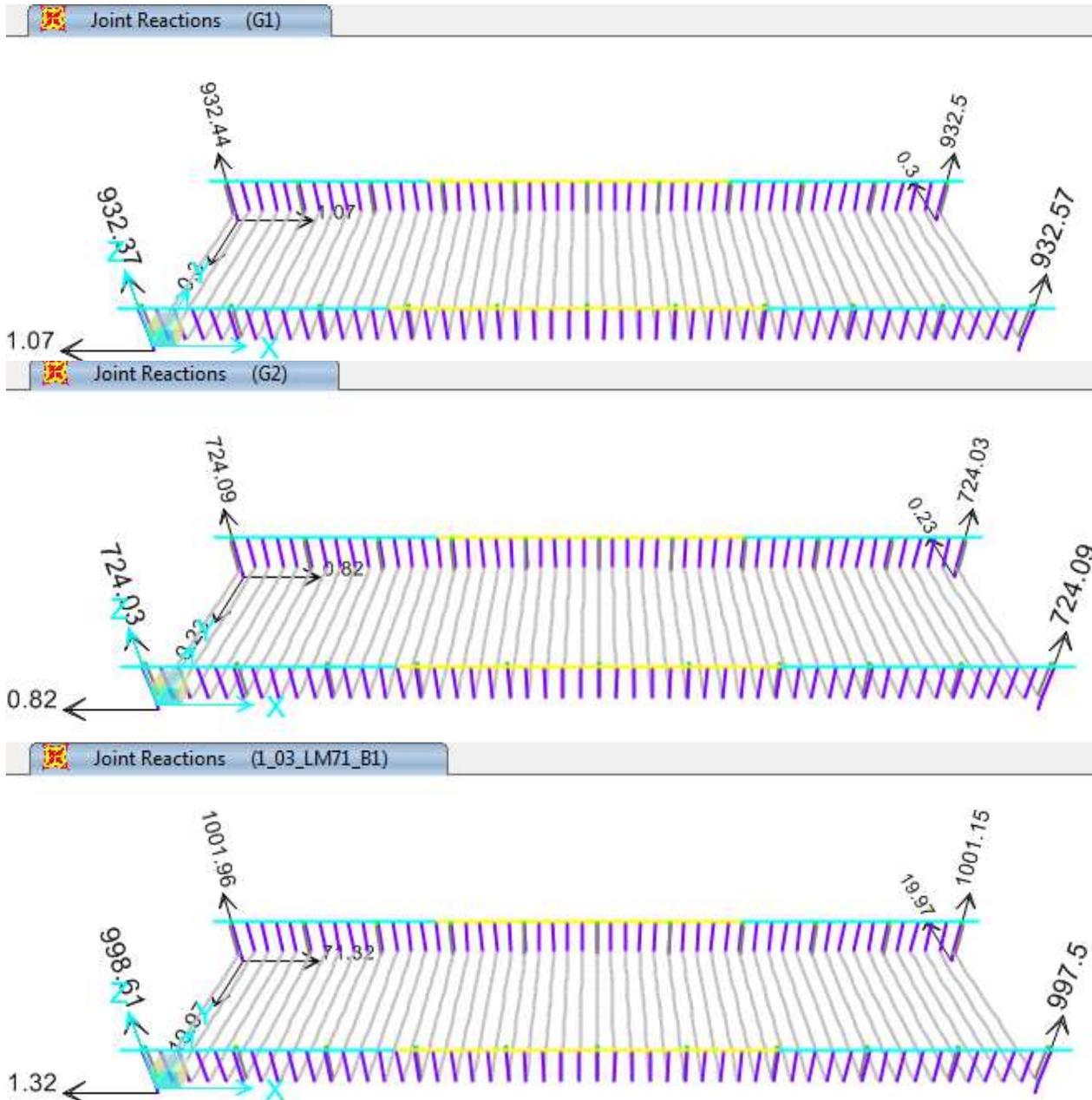
	eq taglienti	coeff din
lm71	135.1	1.18
sw2	153.0	1.18

	q		$L/2$	$p L/2$	/num travi
lm71	159.4	R1-R2	12.5	1992.7	996.4
sw2	180.5	R1-R2	12.5	2256.8	1128.4

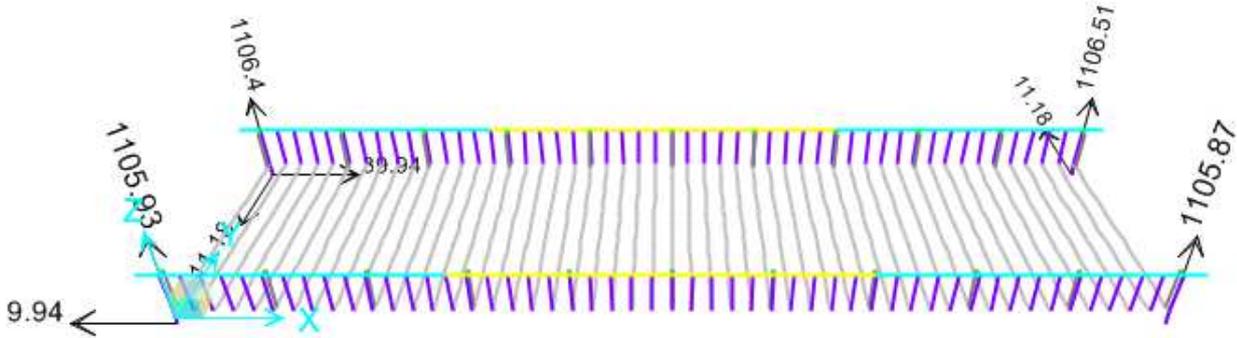
	eq flett	coeff din			
lm71	128.3	1.18			
sw2	153.0	1.18			
	q		L²/8	p L²/8	/num travi
lm71	151.4	M max	78.1	11827.7	5913.8
sw2	180.5	M max	78.1	14104.7	7052.3

Risultati modello:

• **REAZIONI**



Joint Reactions (1_01_SW2)



• **MOMENTO FLETTENTE MAX**

Moment 3-3 Diagram (G1)



Moment 3-3 Diagram (G2)



Moment 3-3 Diagram (1_03_LM71_B1)



Moment 3-3 Diagram (1_01_SW2)

