

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC VERONA - PADOVA

SUB TRATTA VERONA – VICENZA

1° SUB LOTTO VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

VI PONTI E VIADOTTI

VI00 GENERALE IMPALCATI: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M.

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 22 M

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.	SCALA:
ATI bonifica Progettista integratore Franco Persio Bocchetto Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 8664 – Sez. A settore Civile ed Ambientale	Conorzio IRICAV DUE Il Direttore		-

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

I	N	0	D	0	0	D	I	2	C	L	V	I	0	0	0	7	0	0	2	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ATI bonifica	VISTO ATI BONIFICA	
	Firma	Data
	Ing.F.P. Bocchetto	Luglio 2015

Programmazione

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE	G. Cocito	Maggio 2015	G. Nizzi	Maggio 2015	F.Momoni	Maggio 2015	F. Momoni	Luglio 2015
B	REVISIONE ISTRUTTORIA ITALFERR	G. Cocito	Luglio 2015	G. Nizzi	Luglio 2015	F.Momoni	Luglio 2015		

File: IN0D00D12CLVI0007002B_00A.DOCX	CUP.: J41E91000000009	n. Elab.:
	CIG.: 3320049F17	

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	5
3	MATERIALI.....	6
4	IPOTESI DI CALCOLO.....	7
5	ANALISI DEI CARICHI	8
5.1	CARICHI PERMANENTI	8
5.2	CARICHI ACCIDENTALI	8
5.3	AZIONI SISMICHE.....	12
5.4	AZIONI ECCEZIONALI.....	15
6	SOLLECITAZIONI	17
6.1	MOMENTO FLETTENTE IN MEZZERIA:	17
6.2	TAGLIO ALL' APPOGGIO:	18
6.3	SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE PIÚ CARICATA.....	19
6.3.1	Momento flettente in mezzeria:.....	19
6.3.2	Taglio all'appoggio	21
6.4	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI.....	23
6.5	EFFETTI LOCALI - SBALZO	24
6.5.1	Carichi fissi.....	24
6.5.2	Carichi sui marciapiedi.....	24
6.5.3	Azioni variabili ambientali	25
6.5.4	Effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari.....	25
6.5.5	Riepilogo delle azioni sullo schema a mensola	25
7	VERIFICHE DI RESISTENZA	29
7.1	EFFETTI GLOBALI	29
7.2	EFFETTI LOCALI.....	31
8	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ.....	32
8.1	CALCOLO DELLA PRIMA FREQUENZA PROPRIA DELL'IMPALCATO:	32
8.2	DEFORMABILITÀ VERTICALE	33
8.3	ROTAZIONE AGLI APPOGGI	34
8.4	SGHEMBO.....	34

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA		
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO		
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M		
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2CLVI0007002B	REV. 	.Pag 3 di 35

1 INTRODUZIONE

La seguente relazione di calcolo si riferisce alla progettazione definitiva della campata tipologica a travi incorporate di luce $L = 22.0$ m relativa alla Linea T.A.V. Torino-Venezia / Tratta Verona-Padova.

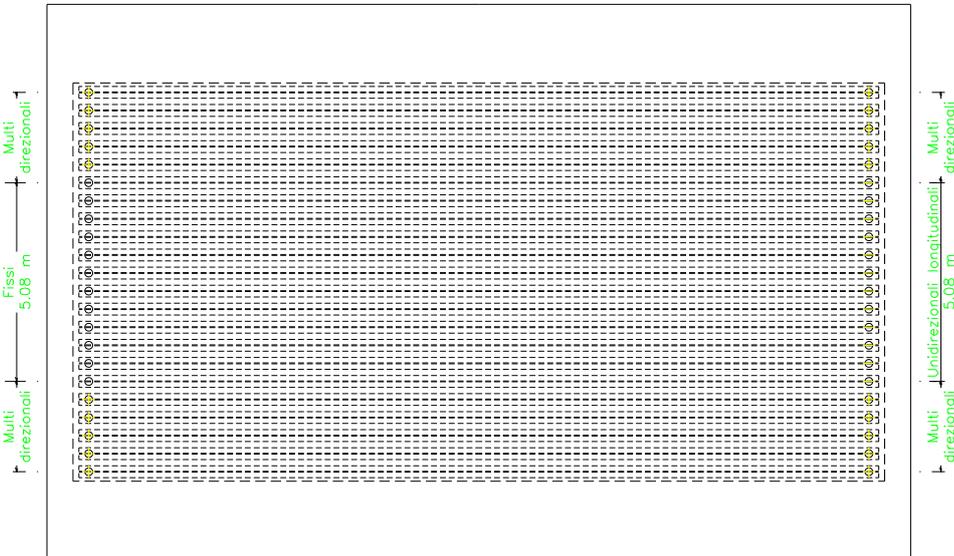
L'impalcato è costituito da 22 travi in acciaio solidarizzate trasversalmente tramite un getto di calcestruzzo e tiranti $\phi 30$ superiori ed inferiori a passo 120cm a quinconce.

Sono previste anche barre di precompressione trasversale $\phi 30$ posta a metà altezza delle travi in acciaio.

La larghezza complessiva dell'impalcato è pari a 13.40 m, su cui gravano 2 binari posti ad interasse pari a 4.50 m.

Per i calcoli si è considerato un raggio di curvatura planimetrico massimo pari a 3200 m ed una velocità di progetto pari a 300 km/h.

Lo schema di vincolo prevede appoggi fissi centrali per una larghezza di 5m e appoggi laterali multidirezionali nelle zone rimanenti ad una estremità dell'impalcato; all'estremità opposta sono previsti appoggi unidirezionali longitudinali centrali per una larghezza di 5m e appoggi laterali multidirezionali nelle zone rimanenti; sui piani di appoggio di pile e spalle sono previsti ritegni sismici trasversali e dispositivi di finecorsa longitudinali lato appoggi mobili.



APPOGLI A CALOTTA SFERICA

Unità di misura

- lunghezza [m]
- forze [kN]
- angoli [rad]
- tensioni [N/mm²]

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2CLVI0007002B	REV. .Pag 5 di 35

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- [NTC] D.M. LL.PP. 14/01/2008, Norme tecniche per le costruzioni
- [CIR] C.S. LL.PP. 02/02/2009, Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- [EC2] UNI EN 1992-1-1:2005, Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici
- [EC2-2] UNI EN 1992-2:2006, Eurocodice 2 – Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi
- [EC2-EC] UNI EN 1992-2:2005/AC:2008 (E), Eurocodice 2 – Parte 2: Errata corrige
- [IFS 1] Specifica 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.
- [IFS 2] Specifica RFI DTC INC SP IFS 002 A - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria.
- [IFS 3] Specifica RFI DTC INC PO SP IFS 003 A - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari.
- [IFS 4] Specifica RFI DTC INC PO SP IFS 004 A - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo.
- [IFS 5] Specifica RFI DTC INC PO SP IFS 005 A - Specifica per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprighiunti negli impalcati ferroviari e nei cavalcavia.
- [IFS 6] Specifica RFI DTC INC PO SP IFS 006 A - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie.
- [44 C] Istruzione 44 C - Visite di controllo ai ponti, alle gallerie ed alle altre opere d'arte del corpo stradale. Frequenza, modalità e relative verbalizzazioni.
- [44 M] Istruzione 44 M - Specifica tecnica relativa al collaudo dei materiali ed alla costruzione delle strutture metalliche per ponti ferroviari e cavalca ferrovia.
- [44 S] Istruzione 44 S - Specifica tecnica per la saldatura ad arco di strutture destinate ai ponti ferroviari.
- [44 V] Istruzione 44 V - Cicli di verniciatura per la protezione dalla corrosione di opere metalliche nuove e per la manutenzione di quelle esistenti.

3 MATERIALI

CALCESTRUZZO SOLETTA

$C(f_{ck}/R_{ck}) = 30/37 \text{ N/mm}^2$	
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 32837 \text{ N/mm}^2$	modulo elastico
$\nu = 0.15$	coefficiente di Poisson
$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$	peso specifico

ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

<i>B450C</i>	
$f_{yk} = 450.0 \text{ N/mm}^2$	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} = 540.0 \text{ N/mm}^2$	tensione caratteristica di rottura
$E_y = 206000 \text{ N/mm}^2$	modulo elastico

ACCIAIO PER TIRANTI

<i>S235 per $s \leq 40 \text{ mm}$</i>	
$f_{yk} = 235.0 \text{ N/mm}^2$	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$	tensione caratteristica di rottura
$E_y = 210000 \text{ N/mm}^2$	modulo elastico

BARRE DI PRECOMPRESSIONE

$f_{p(0.1)k} = 1080.0 \text{ N/mm}^2$	tensione caratteristica di snervamento
$f_{ptk} = 1230.0 \text{ N/mm}^2$	tensione caratteristica di rottura
$E_y = 206000 \text{ N/mm}^2$	modulo elastico

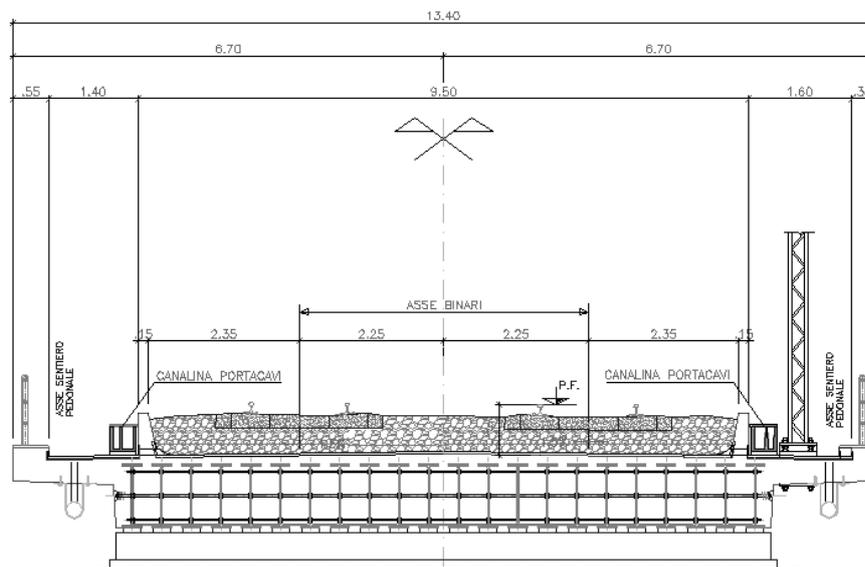
ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

<i>S355J0</i>	
$f_{yk} = 355.0 \text{ N/mm}^2$	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} = 510.0 \text{ N/mm}^2$	tensione caratteristica di rottura
$E_y = 210000 \text{ N/mm}^2$	modulo elastico

4 IPOTESI DI CALCOLO

Si riporta nel seguito il calcolo verifica del ponte, costituito da un'unica luce netta di 19.8m che presenta il raggio di curvatura minimo pari a $R=3200m$, sopraelevazione di 7cm e velocità di progetto di 300km/h.

SEZIONE TRASVERSALE
SCALA 1:50



Si prevede di impiegare 22 profili HEM1000 (classe 1) ad interasse di 42cm. Il numero di travi comprese in una fascia di 4.00m, considerata reagente nelle verifiche di resistenza, è pari a 9. Lo spessore dell'impalcato è di 116cm.

Con riferimento alle usuali simbologie, le caratteristiche geometriche del singolo profilo scelto sono le seguenti:

$h = 1008 \text{ mm}$	Altezza trave
$b = 302 \text{ mm}$	Larghezza ali
$A = 444.2 \text{ cm}^2$	Area sezione
$J = 722300 \text{ cm}^4$	Momento di inerzia nel piano verticale
$W = 14330 \text{ cm}^3$	Modulo di resistenza
$tw = 21 \text{ mm}$	Spessore anima
$tf = 40 \text{ mm}$	Spessore ali
$p = 0.349 \text{ kN/m}$	Peso al metro

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007002B	.Pag 8 di 35

5 ANALISI DEI CARICHI

5.1 CARICHI PERMANENTI

Pesi Propri (su metà impalcato)

- Peso delle travi in acciaio $11 \cdot 3.49 \cdot 1.35 = 51.83 \text{ kN/m}$
- Peso cls in opera (comprensivo di cordoli e muretti paraballast) $13.2531 \cdot 25/2 \cdot 1.35 = 223.65 \text{ kN/m}$

- Peso ballast, armamento e Conglomerato bituminoso $9.06 \cdot 0.8 \cdot 20/2 \cdot 1.5 = 108.72 \text{ kN/m}$
- Cavidotti $1.5 \cdot 1.5 = 2.25 \text{ kN/m}$
- Velette $6.75 \cdot 1.5 = 10.125 \text{ kN/m}$
- Barriere antirumore $4 \cdot 4 \cdot 1.5 = 24 \text{ kN/m}$

Peso totale: $p1 = 420.58 \text{ kN/m}$

5.2 CARICHI ACCIDENTALI

I carichi verticali sono definiti per mezzo di modelli di carico; in particolare sono forniti due treni di carico distinti: il primo rappresentativo del traffico normale (Treno di carico LM71), il secondo rappresentativo del traffico pesante (Treno di carico SW).

Treno di carico LM71

Distribuzione longitudinale dei carichi assiali Q_{vk}

Questo treno di carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale come mostrato nella seguente figura. I valori caratteristici dei carichi debbono moltiplicarsi per il coefficiente α

$$q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$$

$$Q_{vk} = 250 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 1.1$$

$$\text{eccentricità} = s/18 = 8 \text{ cm}$$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA		
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO		
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M		
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2CLVI0007002B	REV.	.Pag 9 di 35

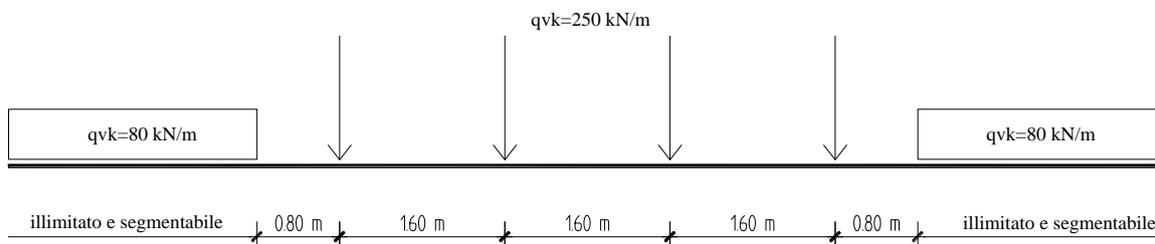


Figura 5.1 Treno di carico LM71

Si considera una distribuzione uniforme dei carichi assiali Q_{vk} in senso longitudinale :

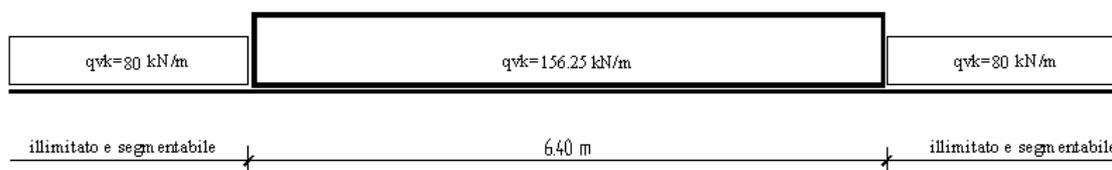


Figura 5.2 Distribuzione uniforme del treno di carico LM71

Treno di carico SW0

In accordo al D.M. 14/01/2008 §5.2.2.3.1.2, trattandosi di impalcato a travi semplicemente appoggiate il treno di carico SW0 non viene considerato.

Treno di carico SW2

Tale carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante. L'articolazione del carico è mostrata nella seguente figura. I valori caratteristici dei carichi debbono moltiplicarsi per il coefficiente a .

Distribuzione longitudinale dei carichi

$$q_{vk} = 150 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 1.0$$

$$\text{eccentricità} = e_{TOT} = 6 \text{ cm}$$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2CLVI0007002B	REV.	.Pag 10 di

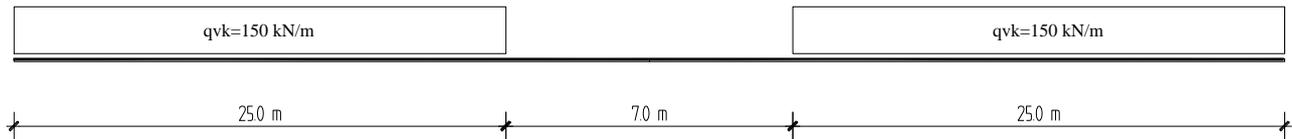


Figura 5.3 Distribuzione uniforme del treno di carico SW2

- Treno LM 71:

Carico equivalente flettente $p_2 = 136.30 \cdot 1.45 = 197.64 \text{ kN/m}$

Carico equivalente tagliante $p_2 = 145.10 \cdot 1.45 = 210.40 \text{ kN/m}$

- Treno SW2:

Carico equivalente flettente $p_2 = 153.00 \cdot 1.45 = 221.85 \text{ kN/m}$

Carico equivalente tagliante $p_2 = 153.00 \cdot 1.45 = 221.85 \text{ kN/m}$

- Accidentale su marciapiedi: $10.00 \cdot 1.5 = 15.00 \text{ kN/m}$

(Carico non concomitante con il transito dei treni)

- Vento: $2.50 \cdot (4 + 1.16 + 0.8) \cdot 1.5 = 22.35 \text{ kN/m}$

(Si considera agente sulla superficie del treno e su quella del manufatto. Il centro di spinta dista 2.80 m dal baricentro delle travi)

- Coefficiente di incremento dinamico: $\phi_3 = 2.16 / (\sqrt{L\phi} - 0.2) + 0.73 = 1.24$

- Forza centrifuga ($F_C = (p_2 V^2 / 127 R \cdot f)$):

(Si considera agente a 1.80m dal piano ferro cioè a 3.26m circa dal baricentro delle travi.)

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007002B	.Pag 11 di

Il carico p_2 è comprensivo del coefficiente di adattamento α relativo ai modelli di carico teorici)

- Treno LM71:

Per effetti flettenti $((197.64 \cdot 300^2)/(127 \cdot 3200)) \cdot 0.487 = 21.31 \text{ kN/m}$

Per effetti taglianti $((210.40 \cdot 300^2)/(127 \cdot 3200)) \cdot 0.487 = 22.69 \text{ kN/m}$

- Treno SW2:

Per effetti flettenti $(221.85 \cdot 100^2)/(127 \cdot 3200) = 5.46 \text{ kN/m}$

Per effetti taglianti $(221.85 \cdot 100^2)/(127 \cdot 3200) = 5.46 \text{ kN/m}$

- Azione di frenatura:

(Si considera agente a livello del piano ferro e quindi a 1.46m dal baricentro delle travi)

Treno LM71 $20.00 \cdot 22 \cdot 1.1 \cdot 1.45 = 701.8 \text{ kN}$

Treno SW2 $35.00 \cdot 22 \cdot 1.45 = 1116.5 \text{ kN}$

- Azione di avviamento:

(Si considera agente a livello del piano ferro e quindi a 1.46m dal baricentro delle travi).

Treno LM71 $33.00 \cdot 22 \cdot 1.1 \cdot 1.45 = 1157.97 \text{ kN}$

Treno SW2 $33.00 \cdot 20 \cdot 1.45 = 1052.7 \text{ kN}$

- Azione laterale:

(Si considera agente a livello del piano ferro e quindi a 1.46m dal baricentro delle travi)

F_L $100.00 \cdot 1.1 \cdot 1.45 = 159.50 \text{ kN}$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007002B	.Pag 12 di

5.3 AZIONI SISMICHE

Il riferimento per la descrizione del moto sismico è costituito dallo spettro di risposta elastico, indicato nel D.M. 14/01/2008 dall'equazione 3.2.4:

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad \text{per } 0 \leq T < T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \quad \text{per } T_B \leq T < T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \quad \text{per } T_C \leq T < T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right) \quad \text{per } T_D \leq T$$

nelle quali T ed Se sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale. Nelle stesse inoltre:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione $S = S_S \cdot S_T$, essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica (D.M. 14/01/2008 Tab. 3.2.V) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (D.M. 14/01/2008 Tab. 3.2.VI);

h è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali diversi dal 5%, secondo la 3.2.6 del D.M. 14/01/2008;

F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_C \cdot T_{C^*}$, dove T_{C^*} è definito in D.M. 14/01/2008 - §3.2 e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (D.M. 14/01/2008 Tab. 3.2.V);

$T_B = T_C/3$ è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

$T_D = 4.0 \cdot a_g/g + 1.6$ è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante, espresso in secondi.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2CLVI0007002B	REV. .Pag 13 di

Ai fini della determinazione dello spettro di progetto dell'azione sismica, vengono definiti i seguenti parametri, che sono inseriti nel foglio di calcolo elettronico messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:

- vita nominale della costruzione: $V_N = 100$ anni;
- classe d'uso III, cui corrisponde un coefficiente d'uso: $C_U = 1.5$.

Ne consegue che il periodo di riferimento è $V_R = V_N C_U \geq 150$ anni.

La condizione più sfavorevole della Tratta è alle seguenti coordinate geografiche:
 Latitudine 45.449169, Longitudine 11.386918

Per definire lo spettro di risposta elastico è necessario identificare la categoria del sottosuolo. Nel caso in esame le indagini geognostiche hanno riscontrato la categoria D, con categoria topografica T_1 .

Sulla base di quanto stabilito, si ottengono i parametri riportati nella seguente tabella.

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]	S [-]	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]
SLO	90	0.068	2.492	0.267	1.800	0.215	0.645	1.870
SLD	151	0.086	2.469	0.271	1.800	0.217	0.651	1.943
SLV	1424	0.212	2.435	0.288	1.626	0.224	0.671	2.448
SLC	2475	0.260	2.385	0.294	1.471	0.226	0.678	2.638

Si trascurano gli effetti sismici, in quanto, relativamente alle azioni verticali sull'impalcato, le sollecitazioni generate dai convogli di progetto sono superiori a quelle generate dal convoglio sismico e dalle relative forze verticali di inerzia, come di seguito dimostrato.

STATO LIMITE	a_{gv}	Fv	S	T_B	T_C	T_D
Verticale	[g]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]
SLV	0.132	1.513	1.000	0.050	0.150	1.000

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v = 0.214 \text{ per } T_B \leq T \leq T_C$$

N.B. Il calcolo è condotto su metà impalcato.

In condizioni di esercizio:

$$\text{Carico treno SW2 (equiv. flettente): } 150.3 \cdot 1.24 \cdot 1.45 = 270.24 \text{ kN/m}$$

$$\text{Peso proprio permanenti: } = 420.58 \text{ kN/m}$$

$$\text{Carico totale } W = 690.82 \text{ kN/m}$$

In condizioni sismiche:

- Peso delle travi in acciaio $11 \cdot 3.49 = 38.4 \text{ kN/m}$

- Peso cls in opera $13.2531 \cdot 25/2 \cdot 1.35 = 165.66 \text{ kN/m}$
(comprensivo di cordoli e muretti paraballast)

- Peso ballast, armamento e Conglomerato bituminoso
 $9.06 \cdot 0.8 \cdot 20/2 \cdot 1.5 = 72.48 \text{ kN/m}$

- Cavidotti 1.5 kN/m

- Velette 6.75 kN/m

- Barriere antirumore $4 \cdot 4 = 16 \text{ kN/m}$

Peso totale: $p1 = 300.79 \text{ kN/m}$

- Carico treno sismico: $0.2 \cdot 150.3 \cdot 1.24 = 37.27 \text{ kN/m}$

Pesi propri: 266.30 kN/m

Carico totale $W = 338.06 \text{ kN/m}$

Gli incrementi di azione verticale dovuti al sisma risultano:

$$F_V = S_e \cdot W' = 0.214 \cdot 338.06 = 72.34 \text{ kN/m}$$

L'azione verticale massima risulta:

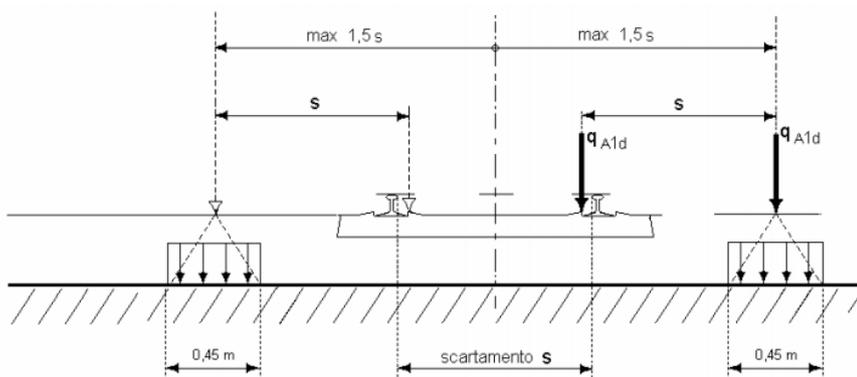
$$F_{V \max} = 338.06 + 72.34 = 410.40 \text{ kN/m} < 644.17 \text{ kN/m}$$

inferiore all'azione massima in condizioni di esercizio, pertanto la combinazione sismica non viene esaminata.

5.4 AZIONI ECCEZIONALI

E' previsto lo studio del deragliamento al di sopra del ponte

Caso 1) Si considerano due carichi verticali lineari $q_{A1d} = 60 \text{ kN/m}$ (comprensivo dell'effetto dinamico) ciascuno. Tali carichi saranno posizionati longitudinalmente su una lunghezza di 6.40 m. Trasversalmente i carichi distano fra loro di S (scartamento del binario). Si considera uno dei due carichi lineari, ripartito su sole tre travi (per tenere conto della ripartizione su 0.45m, al livello della superficie di regolamento).



Il momento massimo è:

$$M = 60 \cdot (19.8/2)^2 \cdot 6.4 \cdot (2 \cdot 19.8 - 6.4) / (2 \cdot 19.8^2) = 1593.6 \text{ kNm}$$

Sulla singola trave si ha : $M_{1t} = M/3 = 1593.6/3 = 531.2 \text{ kNm}$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007002B	.Pag 16 di

Caso 2): Si considera un unico carico lineare $q_{A2d}=80 \text{ kN/m} \times 1,4$ esteso per 20 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di 1,5 s rispetto all'asse del binario e ripartito su sole tre travi (per tenere conto della ripartizione su 45m, al livello della superficie di regolamento).

Il momento massimo è:

$$M = 1/8 \cdot (19.8)^2 \cdot 80 \cdot 1.4 = 5488.56 \text{ kNm}$$

Sulla singola trave si ha : $M_{1t} = M/3 = 5488.56 = 1829.52 \text{ kNm}$

Confrontando le sollecitazioni sulle singole travi (cfr. § 6.5) con quelle da traffico, emerge che le azioni eccezionali di deragliamenti non sono dimensionanti (Tutti i coefficienti γ sono unitari nella combinazione eccezionale), pertanto la combinazione eccezionale non viene esaminata.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2CLVI0007002B	REV.	.Pag 17 di

6 SOLLECITAZIONI

Le azioni verticali prodotte da permanenti e accidentali e quelle prodotte dalla frenatura/avviamento sono ugualmente ripartite sulle diverse travi contenute all'interno della fascia resistente di 4.00m. Le azioni orizzontali, invece, riportate al baricentro delle travi, producono delle coppie torcenti lungo l'asse dell'impalcato che hanno come effetto quello di caricare maggiormente le travi più esterne della fascia considerata. Analogo effetto hanno l'eccentricità di carico del treno LM71 e l'effetto della sopraelevazione.

6.1 MOMENTO FLETTENTE IN MEZZERIA:

- Permanenti:

$$M_1 = 1/8 \cdot ((420.57 \cdot 19.8^2) / 5.1) \cdot 4 = 16164.73 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

- Accidentali:

Treno LM71

$$M_2 = 1/8 \cdot (197.64 \cdot 19.8^2) = 9685.35 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Treno SW2

$$M_2 = 1/8 \cdot (221.85 \cdot 19.8^2) = 10871.76 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

- Incremento dinamico:

Treno LM 71

$$M_3 = 0.24 \cdot M_2 = 2324.48 \text{ kNm}$$

Treno SW2

$$M_3 = 0.24 \cdot M_2 = 2609.22 \text{ kNm}$$

- Frenatura/Avviamento:

Treno LM71

$$M_4 = (1157.97 \cdot 1.46 / 2) / 2 = 422.659 \text{ kNm}$$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007002B	.Pag 18 di

Treno SW2

$$M_4 = (1116.50 \cdot 1.46/2)/2 = 407.522 \text{ kNm}$$

6.2 TAGLIO ALL' APPOGGIO:

- Permanenti: $T_1 = 1/2 \cdot ((420.58 \cdot 19.8)/5.1) \cdot 4 = 3265.68 \text{ kN}$

- Accidentali:

Treno LM71 $T_2 = 1/2 \cdot (210.40 \cdot 19.8) = 2082.96 \text{ kN}$

Treno SW2 $T_2 = 1/2 \cdot (221.85 \cdot 19.8) = 2196.315 \text{ kN}$

- Incremento dinamico:

Treno LM71

$$T_3 = 0.24 \cdot T_2 = 499.91 \text{ kN}$$

Treno SW2

$$T_3 = 0.24 \cdot T_2 = 527.116 \text{ kN}$$

- Frenatura/Avviamento:

Treno LM71 $T_4 = 1157.97 \cdot (1.46 + 1.08/2)/19.8 = 116.97 \text{ kN}$

Treno SW2 $T_4 = 1116.5 \cdot (1.46 + 1.08/2)/19.8 = 112.78 \text{ kN}$

Coppie torcenti a metro lineare di impalcato:

- Centrifuga:

Treno LM71:

Effetti flettenti $mt_5 = 21.31 \cdot 3.26 = 69.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Effetti taglianti $mt_5 = 22.69 \cdot 3.26 = 73.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Treno SW2:

Effetti flettenti $mt_5 = 5.46 \cdot 3.26 = 17.80 \text{ kN} \cdot \text{m}$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2CLVI0007002B	REV. .Pag 19 di

Effetti taglianti $mt_5 = 5.46 \cdot 3.26 = 17.80 \text{ kN}\cdot\text{m}$

• Eccentricità di carico LM71:

Effetti flettenti $mt_6 = 197.64 \cdot 0.08 = 15.81 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Effetti taglianti $mt_6 = 210.40 \cdot 0.08 = 16.83 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Effetto della sopraelevazione:

(La sopraelevazione $s=7\text{cm}$ produce un'eccentricità di carico "e" pari a $e=180 \cdot s / 143.5 \cong 8.80\text{cm}$. Tale effetto in parte bilancia l'azione della forza centrifuga).

Treno LM71:

Effetti flettenti $mt_7 = 197.64 \cdot 0.088 = 17.39 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Effetti taglianti $mt_7 = 210.40 \cdot 0.088 = 18.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Treno SW2:

Effetti flettenti $mt_7 = 221.85 \cdot 0.088 = 19.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Effetti taglianti $mt_7 = 221.85 \cdot 0.088 = 19.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Vento: $mt_8 = 22.35 \cdot 3.43 = 76.66 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Azione laterale:

$mt_9 = 159.50 \cdot 1.46 = 232.87 \text{ kN}\cdot\text{m}$

6.3 SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE PIÙ CARICATA

6.3.1 Momento flettente in mezzeria:

Permanenti: $M_1 = 16164.73/9 = 1796.08 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Accidentali:

Treno LM71 $M_2 = 9685.35/9 = 1076.15 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$$\text{Treno SW2 } M_2 = 10871.76/9 = 1207.97 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Incremento dinamico:

$$\text{Treno LM 71 } M_3 = 0.24 \cdot M_2 = 258.28 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Treno SW2 } M_3 = 0.24 \cdot M_2 = 289.91 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Frenatura/Avviamento

$$\text{Treno LM71 } M_4 = 422.659/9 = 46.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Treno SW2 } M_4 = 370.475/9 = 41.164 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

L'incremento di carico verticale prodotto sulla trave di bordo dalle coppie torcenti si valuta, in prima approssimazione, considerando la flessione su una striscia unitaria trasversale di impalcato avente sezione b·h pari a 100cm·400cm ed il cui momento d'inerzia J' vale $1 \cdot 4^3 / 12 = 5.33 \text{ m}^3$

$$\Delta p = (m_t / J') \cdot d \cdot i = 0.153 \cdot m_t :$$

essendo $i=0.426\text{m}$ e $d=4.5 \cdot i=1.917\text{m}$ (dove i è l'interasse fra le travi e d e la distanza fra l'asse della trave di bordo e l'asse del binario)

Centrifuga:

$$\text{LM71 } M_5 = 1/8 \cdot (69.47 \cdot 0.153) \cdot 19.8^2 = 520.87 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{SW2 } M_5 = 1/8 \cdot (17.80 \cdot 0.153) \cdot 19.8^2 = 133.46 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Eccentricità di carico LM71:

$$M_6 = 1/8 \cdot (15.81 \cdot 0.153) \cdot 19.8^2 = 118.54 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Effetto della sopraelevazione:

$$\text{LM71 } M_7 = 1/8 \cdot (17.39 \cdot 0.153) \cdot 19.8^2 = 130.39 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{SW2 } M_7 = 1/8 \cdot (19.52 \cdot 0.153) \cdot 19.8^2 = 146.36 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Vento: } M_8 = 1/8 \cdot (76.66 \cdot 0.153) \cdot 19.8^2 = 574.78 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Azione laterale: } M_9 = 1/4 \cdot (232.87 \cdot 0.153) \cdot 19.8 = 176.36 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007002B	.Pag 21 di

6.3.2 Taglio all'appoggio

Permanenti: $T_1 = 3265.68/9 = 362.85 \text{ kN}$

Accidentali:

Treno LM71 $T_2 = 2082.96/9 = 231.44 \text{ kN}$

Treno SW2 $T_2 = 2196.315/9 = 244.03 \text{ kN}$

Incremento dinamico:

Treno LM 71 $T_3 = 0.24 \cdot 231.44 = 55.546 \text{ kN}$

Treno SW2 $T_3 = 0.24 \cdot 244.03 = 58.567 \text{ kN}$

• Frenatura/Avviamento:

Treno LM71 $T_4 = 116.97/9 = 13.00 \text{ kN}$

Treno SW2 $T_4 = 112.78/9 = 12.53 \text{ kN}$

• Centrifuga:

LM71 $T_5 = 1/2 \cdot (73.97 \cdot 0.153) \cdot 19.8 = 112.04 \text{ kN}$

SW2 $T_5 = 1/2 \cdot (17.80 \cdot 0.153) \cdot 19.8 = 26.96 \text{ kN}$

• Eccentricità di carico LM71: $T_6 = 1/2 \cdot (15.81 \cdot 0.153) \cdot 19.8 = 23.94 \text{ kN}$

• Effetto della sopraelevazione:

LM71 $T_7 = 1/2 \cdot (18.52 \cdot 0.153) \cdot 19.8 = 28.05 \text{ kN}$

SW2 $T_7 = 1/2 \cdot (19.52 \cdot 0.153) \cdot 19.8 = 29.57 \text{ kN}$

• Vento: $T_8 = 1/2 \cdot (76.66 \cdot 0.153) \cdot 19.8 = 116.12 \text{ kN}$

• Azione laterale: $T_9 = (232.87 \cdot 0.153) = 35.63 \text{ kN}$

Sforzo normale:

• Frenatura/Avviamento:

Treno LM71 N = $1157.97/9 = 128.66$ kN

Treno SW2 N= $1116.5/9=124.05$ kN

6.4 RIEPILOGO SOLLECITAZIONI

Modello di carico: Treno LM71			
Azione	Momento flettente in mezzeria [kN·m]	Taglio agli appoggi [kN]	Sforzo normale [kN]
Permanenti	1796,08	362,85	-
Accidentali dinamizzati	1334,43	286,99	-
Centrifuga	520,87	112,04	-
Azione laterale	176,36	35,63	-
Frenatura/avviamento	46,96	13	128,66
Eccentricità di carico	118,54	23,94	-
Effetto sopraelevazione	130,39	28,05	-
Vento	574,78	116,12	-

Modello di carico: Treno SW2			
Azione	Momento flettente in mezzeria [kN·m]	Taglio agli appoggi [kN]	Sforzo normale [kN]
Permanenti	1796,08	362,85	-
Accidentali dinamizzati	1497,88	302,60	-
Centrifuga	133,46	26,96	-
Azione laterale	176,36	35,63	-
Frenatura/avviamento	41,16	12,53	124,05
Eccentricità di carico	-	-	-
Effetto sopraelevazione	146,36	29,57	-
Vento	574,78	116,12	-

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2CLVI0007002B	REV.	.Pag 24 di

6.5 EFFETTI LOCALI - SBALZO

Ai fini della valutazione degli effetti locali prodotti nello sbalzo dell'impalcato dalle azioni permanenti e variabili è stato utilizzato uno schema a mensola, riferito ad una striscia di larghezza pari a 1 m.

Sia nel modello che nelle verifiche gli elementi strutturali sono stati introdotti con le seguenti altezze:

- altezza elementi sbalzo variabile da ~0.31 m a ~0.39 m

6.5.1 Carichi fissi

Pesi propri

Peso proprio dello sbalzo (di spessore variabile)= $0.35 \cdot 1 \cdot 25 = 8.75$ kN/m

Permanenti portati

Cordoli laterali = $0.2 \cdot 25 \cdot 0.9 =$	4.5 kN/m
Velette	6.75 kN/m
Barriere antirumore $4.00 \text{ kN/m}^2 \cdot 4.0 \text{ m}$	16.0 kN/m
Totale permanenti portati	27.25 kN/m

6.5.2 Carichi sui marciapiedi

I carichi accidentali sui marciapiedi sono schematizzati da un carico uniformemente ripartito del valore $q_{vk} = 10.0 \text{ kN/m}^2$. Viene applicato su una larghezza $b = 1.0 \text{ m}$.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA		
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO		
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M		
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2CLVI0007002B	REV. 	.Pag 25 di

6.5.3 Azioni variabili ambientali

Vento su struttura scarica

Al fine di determinare la massima coppia agente si trascura la parte di veletta inferiore all'asse soletta. L'azione del vento risulta pertanto agente su un'altezza $h_1 = h + h_{\text{soletta}}/2 = 5.65 + 0.30/2 = 5.80$ m.

La forza vento risulta pertanto:

$$F = 2.5 \text{ kN/m}^2 \times 5.8 \text{ m} = 14.50 \text{ kN/m}$$

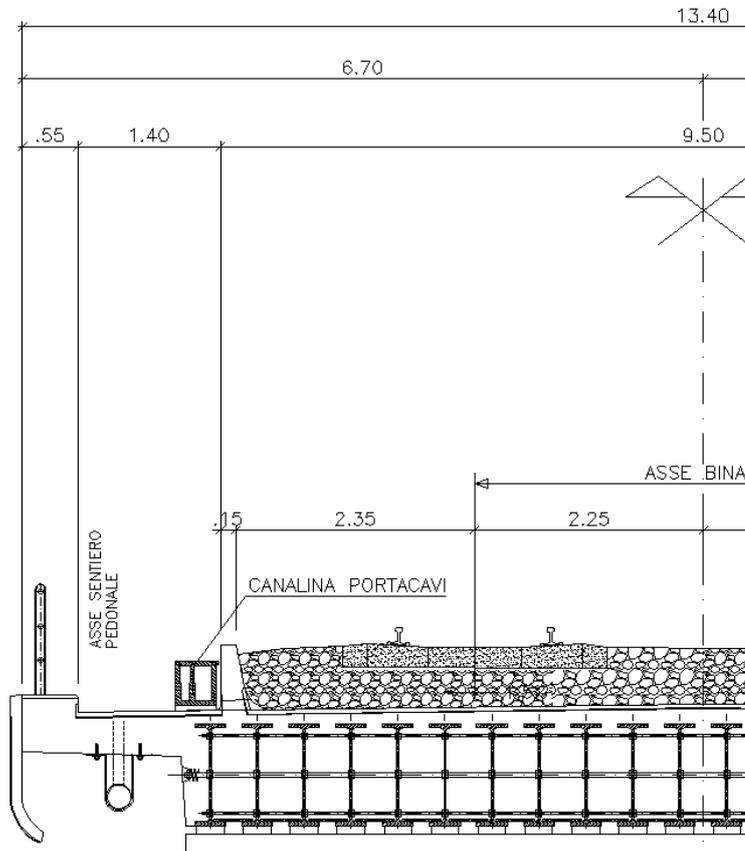
$$M = 14.50 \times (5.8/2) = 42.05 \text{ kNm/m}$$

6.5.4 Effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari

In accordo al § 1.8.3.2 della Specifica RFI DTC INC PO SP IFS 001 A, gli effetti aerodinamici associati al passaggio dei treni sono cumulati all'azione del vento. Il valore della risultante del vento e dell'azione aerodinamica è stato assunto pari a 2.5 kN/m^2 (§ 6.5.3).

6.5.5 Riepilogo delle azioni sullo schema a mensola

Azione	Descrizione
1	Pesi propri
2	Carichi permanenti portati
3	Vento su struttura scarica
4	Carichi sui marciapiedi



Pesi propri :

$$M = 1/2 \cdot 8.75 \cdot 1.97^2 = 16.98 \text{ kNm/m}$$

$$T = 8.75 \cdot 1.97 = 17.24 \text{ kN/m}$$

Carichi permanenti portati :

Momento

Cordoli laterali	= 4.5·1.5 = 6.75kNm/m
Velette	= 6.75·1.97=13.3 kNm/m
Barriere antirumore	= 16· 1.6=25.6 kNm/m
Totale permanenti portati	M = 45.65 kNm/m

Taglio

Cordoli laterali	= 4.5 kN/m
Velette	= 6.75 kN/m
Barriere antirumore	= 16 kN/m
Totale permanenti portati	T = 27.25 kN/m

Carichi sui marciapiedi:

$$M = 1/2 \cdot 10 \cdot 1^2 = 5 \text{ kNm/m}$$

$$T = 10 \text{ kN/m}$$

Vento:

$$N = 14.5 \text{ kN/m}$$

$$M = 42.05 \text{ kNm/m}$$

Combinazioni di carico

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni (D.M. 14/01/2008 - § 2.5.3):

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

$$M = 160,5 \text{ kNm/m}$$

$$N = 21.8 \text{ kN/m}$$

$$T = 79.15 \text{ kN/m}$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

$$M = 92.9 \text{ kNm/m}$$

$$N = 14.5 \text{ kN/m}$$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2CLVI0007002B	REV. .Pag 29 di

7 VERIFICHE DI RESISTENZA

7.1 EFFETTI GLOBALI

Le verifiche sono condotte agli stati limite ultimi, facendo riferimento alla combinazione fondamentale illustrata nel §1.8.3 della Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari.

La combinazione fondamentale adottata per gli SLU e:

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \gamma_{Q2}\Psi_{02}Q_{k2}$$

dove:

Q_{k1} è il valore caratteristico delle azioni legate al transito dei treni e per calcolarlo occorre fare riferimento ad uno dei gruppi di azioni della tabella 1.8.2.3. Si assume per le verifiche il gruppo 1 dove i coefficienti di simultaneità delle azioni valgono:

1 per i carichi verticali

0.5 per frenatura e avviamento

1 per centrifuga

1 per azione laterale

Q_{k2} è l'azione del vento;

G_1 sono i carichi permanenti;

G_2 sono i carichi permanenti non strutturali.

Pertanto, le sollecitazioni risultanti sono:

$$M_{tot} = M_1 + (M_2 + M_3 + 0.5 \cdot M_4 + M_5 + M_6 - M_7 + M_9) + 0.6 \cdot M_8$$

$$T_{tot} = T_1 + (T_2 + T_3 + 0.5 \cdot T_4 + T_5 + T_6 - T_7 + T_9) + 0.6 \cdot T_8$$

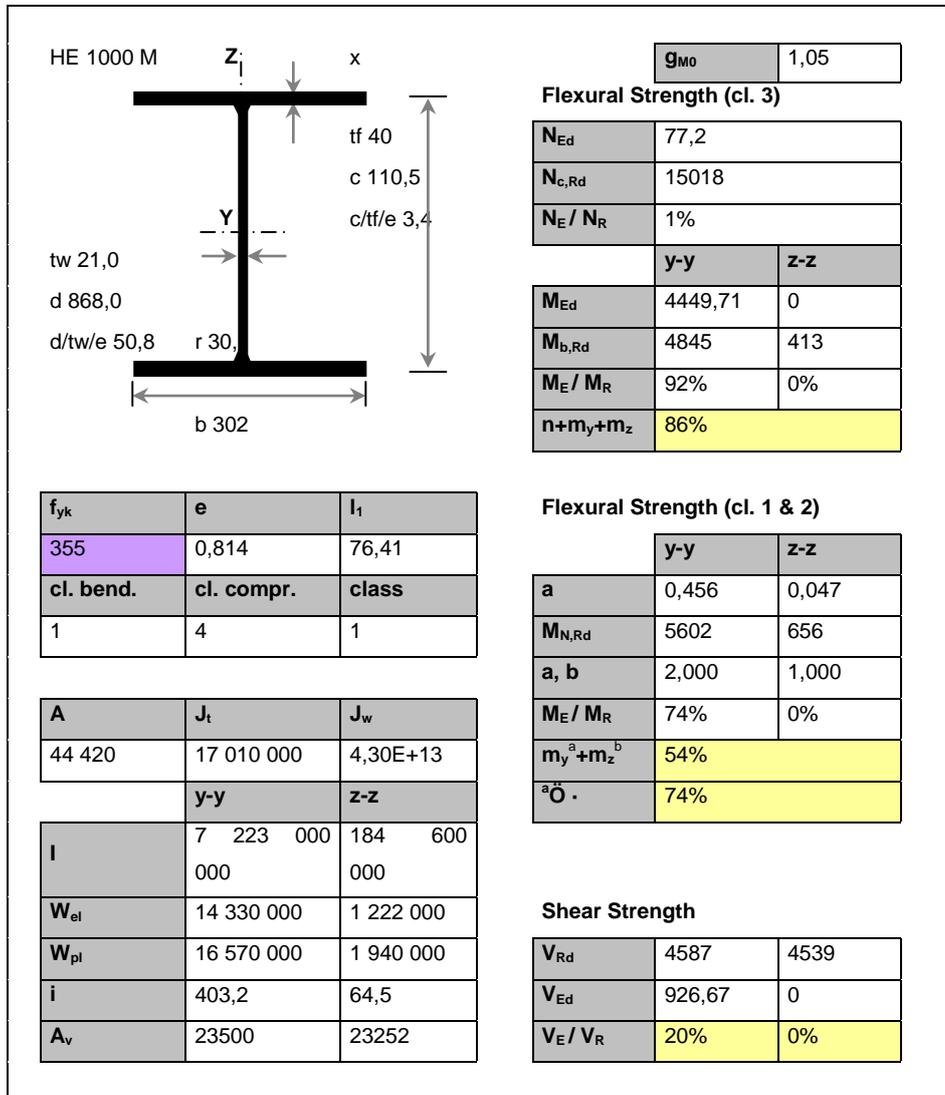
Le verifiche sono effettuate per il treno LM71 che, nel caso in esame, produce le maggiori sollecitazioni:

$$N = 0.6 \cdot 128.66 = 77.20 \text{ kN}$$

$$M = 4449.71 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$T = 926.97 \text{ kN}$$

da cui:



La verifica è soddisfatta

7.2 EFFETTI LOCALI

Verifica dello sbalzo allo SLU

Si dispongono armature superiori $\phi 20/20$ ed inferiori $\phi 16/20$

$M = 160,5$ kNm/m

$N = 21.8$ kN/m

N [kN]	M_x [kNm]	C.S.
-21,8	-161	1,22

Verifica a Taglio

$T = 79.15$ kN/m

CALCOLO TAGLIO RESISTENTE (senza armatura a taglio)

γ_c	f_{ck} [MPa]	f_{cd} [MPa]	σ_{cp} [MPa]		
1,5	28	15,87	0,00		
b_w [mm]	d [mm]	k	v_{min} [MPa]	$v_{\sigma_{cp}}$ [MPa]	
1000	312	1,80	0,447	0,000	
A_{sl} [mm ²]	ρ_l	v_{Rd} [MPa]	v_s [MPa]	V_s [kN]	
1571	0,50%	0,522	0,522	163	
804	0,26%	0,418	0,447	140	

k	$1 + \sqrt{200/d} \leq 2$
v_{min}	$0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$
$v_{\sigma_{cp}}$	$0.15 \min(\sigma_{cp}; 0.2 f_{cd})$
ρ_l	$A_{sl}/\rho_l \leq 0.02$
v_{Rd}	$0.18 k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} / \gamma_c$
v_s	$\min(v_{min}; v_{Rd}) + v_{scp}$
V_s	$v_s b_w d$

La verifica è soddisfatta

Verifica a fessurazione (combinazione rara)

$M = 92.9$ kNm/m

$N = 14.5$ kN/m

N [kN]	M_x [kNm]	C.S.	rott.	$e_1 +$	$s_1 +$	$e_2 -$	$s_2 -$	conv.	$s_1 + e_l$	$s_1 - e_l$	w_d
-14,5	-93	1,82	2	4,1E-04	5,66	-9,7E-04	-199,7	..	3,30	-3,21	0,200

La verifica è soddisfatta.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007002B	.Pag 32 di

8 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

8.1 CALCOLO DELLA PRIMA FREQUENZA PROPRIA DELL'IMPALCATO:

Questa verifica è eseguita per controllare l'affidabilità del coefficiente di incremento dinamico ϕ_3 assunto nei calcoli. Essa consiste nell'accertare che la frequenza propria n_0 sia contenuta all'interno del fuso indicato in fig.1.4.2.4-2 della Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari.

Analisi dei carichi:

Elemento	Peso [kN/m]
Calcestruzzo	331.33
Travi	76,78
Ballast	144.96
Cavidotti	3,0
Velette	13,5
Barriere anti-rumore	32,0
Totale	601,57

Il limite inferiore del fuso è pari a $80/L=4\text{Hz}$

$$n_0 = 17.75 / (\delta_0)^{0.5}$$

dove:

δ_0 è la freccia (mm) sotto i soli carichi permanenti pari 606.8 kN/m.

Considerando resistente l'intero impalcato, con il calcestruzzo omogeneizzato, si ottiene : $J=0.3893\text{m}^4$ $E=206.000\text{N/mm}^2$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2CLVI0007002B	REV.	.Pag 33 di

Da cui:

$$\delta_0 = 5/384 \cdot p \cdot L^4 / EJ = 15.01 \text{ mm}$$

quindi:

$$n_0 = 4.58 \text{ Hz} > 4 \text{ Hz}$$

la verifica risulta soddisfatta.

8.2 DEFORMABILITÀ VERTICALE

Le verifiche di deformabilità sono condotte agli stati limite di servizio con la combinazione rara delle azioni che vale:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} Q_{k2}$$

Assumendo come azione di base Q_{k1} l'azione da traffico ferroviario, l'azione dovuta al vento va moltiplicata per $\psi_{02}=0.6$. Per il calcolo di Q_{k1} si fa riferimento ancora al gruppo di carico 1.

Le verifiche di deformabilità si effettuano considerando reagente una striscia pari alla metà dell'impalcato di larghezza pari a 5.10m portando in conto anche il calcestruzzo. Il momento d'inerzia J vale in tal caso $J=0.3893/2 = 0.19465 \text{ m}^4$

Freccia sotto i carichi accidentali dinamizzati e moltiplicati per il coefficiente $\alpha= 1.1$, prodotti dal treno LM71 :

$$p=1.24 \cdot 136.30 = 169.01 \text{ kN/m}$$

$$\delta = 5/384 \cdot p \cdot L^4 / EJ = 8.44 \text{ mm} < L/1000 = 19.8 \text{ mm (valore limite)}$$

$$\delta/L = 8.44/19800 = 1/2346$$

La verifica è soddisfatta

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007002B	.Pag 34 di

8.3 ROTAZIONE AGLI APPOGGI

Effetto del treno LM71 dinamizzato:

$$\theta = 1/24 \cdot p \cdot L^3 / EJ = 0.00133 < 8/H = 0.00689 \text{ mm (valore limite)}$$

La verifica è soddisfatta

8.4 SGHEMBO

La verifica si effettua ipotizzando la presenza di un profilo metallico in corrispondenza di ciascuna rotaia e calcolando la differenza di abbassamento tra i due profili in corrispondenza della sezione posta a 3.00 m dall'appoggio considerando una distribuzione trasversale degli abbassamenti di tipo lineare.

Si considerano i seguenti effetti:

$$\text{forza centrifuga: } mt_5 = 69.47/1.45 = 47.91 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$\text{eccentricità del carico del treno LM71: } mt_6 = 1.24 \cdot (15.81/1.45) = 13.52 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$\text{sopraelevazione: } mt_7 = 17.39/1.45 = 11.99 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$\text{vento: } mt_8 = 0.6 \cdot (76.66/1.5) = 30.66 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$\text{azione laterale: } mt_9 = (232.87/1.45)/19.8 = 8.11 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$\text{Totale} = 112.19 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

L'incremento e decremento di carico prodotti sulle due trave considerate da tali effetti si valuta ipotizzando la flessione su una striscia unitaria trasversale di impalcato avente sezione b·h pari a 100cm·510 cm e momento d'inerzia $J'=11.05\text{m}^4$

$$\Delta p = (112.19/11.05) \cdot 0.75 \cdot 0.426 = 3.244 \text{ kN/m} :$$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: IMPALCATO A TRAVI INCORPORATE DA 22M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007002B	.Pag 35 di

($J=.3893/22m^4$ è il momento d'inerzia che compete ad una singola trave e relativo calcestruzzo).

Le due travi subiscono una differenza di deformazione a 3.00m dall'appoggio pari a 0.81 mm che rappresenta il valore di sghembo cercato. Il valore limite per tale fenomeno, alla velocità $V>200km/h$, e pari a 1.50mm.

La verifica è soddisfatta.