

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI



PROGETTISTA:

Prof. Ing. Marco PETRANGELI

DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE

Ing. Piergiorgio GRASSO
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche



PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE

VI01 - Viadotto a doppia campata dal km 17+391 al km 17+431

Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=17,50m - Relazione di calcolo

APPALTATORE	SCALA:
IMPRESA PIZZAROTTI & C. s.p.a. Dott. Ing. Sabino Del Balzo IL DIRETTORE TECNICO 24/02/2020	-

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

I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	C	L	V	I	0	1	0	7	0	0	1	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	I. Lardani 	24/02/2020	G. Usai 	24/02/2020	P. Grasso 	24/02/2020	M. Petrangeli 24/02/2020

File: IF26.1.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.7.001.A.docx

n. Elab.:

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=17,50m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0107 001</td> <td>A</td> <td>2 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	2 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	2 di 66								

Indice

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
2.1	NORMATIVE.....	5
2.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO	6
3	MATERIALI.....	7
3.1	CALCESTRUZZO PER IMPALCATO	7
3.2	ACCIAIO PER PROFILATI E LAMIERE	8
3.3	ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA.....	8
4	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	9
5	CRITERI DI CALCOLO	11
6	ANALISI DEI CARICHI	12
6.1	PERMANENTI STRUTTURALI (G1)	12
6.2	PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2)	12
6.2.1	BALLAST (G21)	12
6.2.2	PERMANENTI NON STRUTTURALI GENERICI (G22)	13
6.2.1	TOTALE PERMANENTI NON STRUTTURALI	13
6.3	CARICHI DA TRAFFICO	14
6.3.1	CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO (Q11)	14
6.3.2	CARICHI SUI MARCIAPIEDI	16
6.3.3	AZIONI DI AVVIAMENTO E FRENATURA (Q2)	16
6.3.4	FORZA CENTRIFUGA (Q3).....	17
6.3.1	SERPEGGIO (Q4)	18
6.3.1	DERAGLIAMENTO	19
6.3.2	GRUPPI DI CARICO	20
6.4	CARICHI VARIABILI (Q5)	21
6.4.1	AZIONI DEL VENTO (Q5.1)	21
6.4.2	AZIONI AERODINAMICHE INDOTTE DAL TRANSITO DEI CONVOGLI.....	25
6.4.3	AZIONI TERMICHE (Q5.2).....	26
6.4.4	AZIONI DA NEVE (Q5.3).....	26
6.5	AZIONI INDIRETTE (Q6)	27

6.5.1	RESISTENZE PARASSITE NEI VINCOLI (Q6.1)	27
6.6	AZIONI SISMICHE (E)	28
6.6.1	SPETTRI DI PROGETTO ALLO SLV	28
7	COMBINAZIONI DI CARICO	30
8	ANALISI E SOLLECITAZIONI	34
8.1	SOLLECITAZIONI SULLA FASCIA DI 4M	34
8.2	SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE DI BORDO DELLA FASCIA DI 4M	37
8.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI TRAVE DI BORDO FASCIA	41
9	VERIFICHE DELLE TRAVI	43
9.1	VERIFICHE DI RESISTENZA	43
9.2	VERIFICHE DI DEFORMABILITA'	44
9.2.1	PRIMA FREQUENZA PROPRIA DELL'IMPALCATO	45
9.2.2	FRECCIA SOTTO I CARICHI ACCIDENTALI DINAMIZZATI LM71	46
9.2.3	COMFORT DEI PASSEGGERI	46
9.2.4	ROTAZIONE DEGLI APPOGGI	46
9.2.5	SGHEMBO	47
10	VERIFICA DELLO SBALZO TRASVERSALE	49
10.1	VERIFICA A FLESSIONE	51
10.2	VERIFICA A TAGLIO	52
10.3	VERIFICA A FESSURAZIONE	53
11	AZIONI SUGLI APPOGGI	54
11.1	RIEPILOGO SCARICHI APPOGGI	63
12	INCIDENZA	66

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=17,50m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0107 001</td> <td>A</td> <td>4 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	4 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	4 di 66								

1 PREMESSA

Nell'ambito dell'*Itinerario Napoli-Bari* si inserisce il *Raddoppio della Tratta Cancello – Benevento - 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino - Vitulano* oggetto della Progettazione Esecutiva in esame.

Oggetto della presente relazione sono le analisi e le verifiche dell'impalcato a travi doppio T incorporate di luce pari a 17.5m, previsto in corrispondenza della campata compresa tra spalla S2 e pila P1 del *Viadotto VI01*.

Nella presente relazione sono riportati in forma sintetica i risultati delle sollecitazioni e delle verifiche strutturali della struttura in oggetto.

Nel seguito si procede al calcolo dello stato di sollecitazione ed alle verifiche dei vari elementi costituenti la struttura in elevazione, nei confronti degli Stati Limite Ultimi strutturali di presso-flessione e taglio e gli Stati limite di Esercizio di fessurazione e tensionale.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=17,50m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0107 001</td> <td>A</td> <td>5 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	5 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	5 di 66								

2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVE

Sono state prese a riferimento le seguenti Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento:

- [1] *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni»*
- [2] *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»*
- [3] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario*
- [4] *Istruzione RFI DTC INC CS SP IFS 001 - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie*
- [5] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 002 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria*
- [6] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 003 - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari*
- [7] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 004 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo*
- [8] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 005 - Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia*
- [9] *Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)*
- [10] *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*

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=17,50m - Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0107 001	REV. A	FOGLIO 6 di 66

2.2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza.

3 MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO PER IMPALCATO

Classe C32/40

$R_{ck} =$	40.00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0,83 R_{ck} =$	33.20	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	41.20	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85		Coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.50	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_M =$	18.81	MPa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	3.10	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} =$	3.72	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	2.17	MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0,55 f_{ck} =$	18.26	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0,40 f_{ck} =$	13.28	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{(0,3)} =$	33643.00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.20		Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$	14018.00	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Debolmente aggressive		
Classe di esposizione =	XC4		
$c =$	4.00	cm	Copriferro minimo
$w =$	0.20	mm	Apertura massima fessure in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.4 [3])

3.2 ACCIAIO PER PROFILATI E LAMIERE

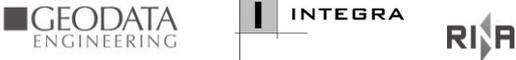
S355 J0

$f_{yk} \geq$	355.00	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	510.00	MPa	Tensione caratteristica di rottura
γ_{m0}	1.05	-	
γ_{m1}	1.10	-	
$\gamma_{m2} =$	1.25	-	
$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{s} =$	338.1	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000.00	MPa	Modulo elastico di progetto

3.3 ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA

B450C

$f_{yk} \geq$	450.00	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540.00	MPa	Tensione caratteristica di rottura
$(f_t / f_y)_k \geq$	1.15		
$(f_t / f_y)_k <$	1.35		
$\gamma_s =$	1.15	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	391.30	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000.00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0.20	%	Deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7.50	%	Deformazione caratteristica ultima
$\sigma_s = 0,75 f_{yk} =$	337.50	MPa	Tensione in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=17,50m - Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0107 001	REV. A	FOGLIO 9 di 66

4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Il viadotto in esame (VI01) è costituito da due campate aventi luce pari a 22.00 m e 17.50 m per una lunghezza complessiva di 39.5m.

L'impalcato oggetto della seguente relazione è costituito da 24 travi metalliche incorporate da un getto di completamento in c.a. che realizza anche gli aggetti laterali. La larghezza complessiva dell'impalcato è pari a 13.70 m su cui gravano 2 binari posti ad interasse pari a 4.00 m, in maniera simmetrica rispetto alla mezzeria del viadotto. Le sottostrutture consistono in due spalle ed una pila con fondazioni di tipo profondo su pali. La spalla indicata con "S1" è la spalla mobile mentre quella indicata con "S2" è la spalla fissa.

L'armamento è di tipo convenzionale su ballast. Il manufatto si inserisce nell'ambito di una tratta a doppio binario ed è in grado di ospitare il nuovo tipologico di B.A. previsto per il viadotto. Nell'analisi dei carichi sarà pertanto previsto il posizionamento di tale tipologia di barriere.

L'opera in oggetto è progettata per una Vita Nominale di 75 anni e una Classe d'uso III ($C_u = 1.5$), pertanto il periodo di riferimento è pari a $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$ anni.

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche del tracciato e dell'impalcato.

Raggio di curvatura	R= 1600 m
Velocità di progetto	$V_1 = 180$ km/h
Sopraelevazione	H= 150 mm
Ponte di categoria	Cat A
Numero binari	$n_b = 2$
Lunghezza dell'impalcato di progetto	$L_{imp} = 17.5$ m
Larghezza strutturale dell'impalcato:	$B_i = 10.16$ m
Larghezza del ballast	$B_b = 830$ cm
Spessore medio del ballast	$S_b = 80$ cm
Larghezza di ripartizione per verifiche	$B_{rs} = 4.0$ m
Spessori dell'impalcato (min - max)	$S_{sn} = 99.3$ cm - $S_{sm} = 105.3$ cm
Profilo delle travi in acciaio	HE900B
Interasse delle travi	$l_p = 42$ cm
Numero totale travi	$n_{pt} = 24$

A seguire si riportano delle immagini che illustrano la geometria della struttura e della fondazione (vista in pianta).

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	10 di 66

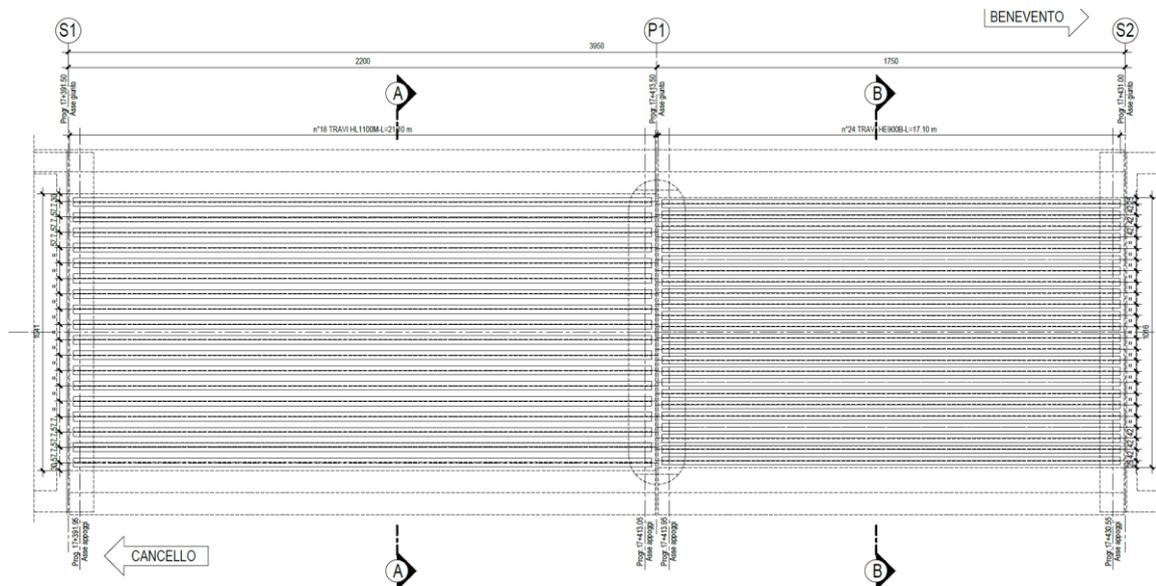


Figura 1 – Pianta impalcato

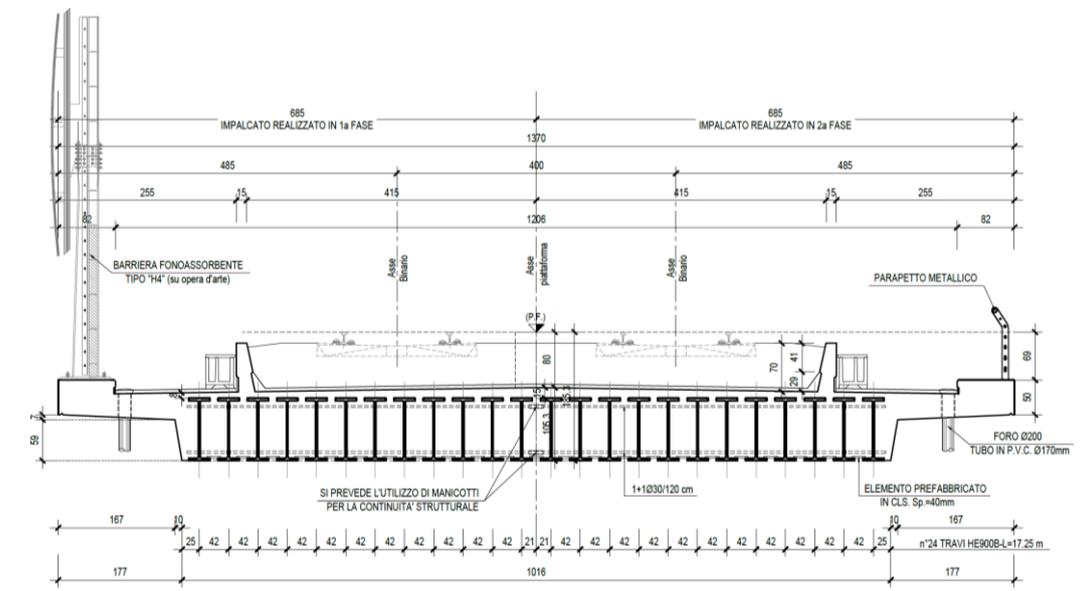


Figura 2 – Sezione trasversale corrente – impalcato 17.5m

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=17,50m - Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0107 001	REV. A	FOGLIO 11 di 66

5 CRITERI DI CALCOLO

Secondo la specifica *RFI DTC SICS MA SP IFS 001 A*, per una luce di calcolo maggiore di 9 m, l'impalcato rientra nelle specifiche del Tipologico 2, pertanto ai fini delle verifiche di resistenza e deformabilità i carichi vengono ripartiti sulla larghezza:

$$\mathbf{Brs = 4.0 \text{ m.}}$$

Il numero di travi comprese in tale fascia è:

$$\mathbf{Nps = Brs/lp = 4.0/0.42 \approx 9}$$

Le azioni vengono combinate in modo da determinare le massime sollecitazioni negli elementi strutturali.

È stata tuttavia condotta, parallelamente, una analisi globale dell'intero impalcato per la determinazione degli scarichi sugli apparecchi di appoggio.

6 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riporta l'analisi dei carichi agenti sull'impalcato.

6.1 PERMANENTI STRUTTURALI (G1)

Impalcato

γ cls	25	kN/m ³	peso specifico calcestruzzo armato
A cls	12.19	m ²	
p trave acc	2.91	kN/m	peso al metro lineare di una trave (HEB 900)
A 1 trave	0.0371	m ²	
n travi	24	-	
interasse travi	0.42	m	
n travi 4 m	9	-	
A cls, netta	11.30	m ²	
P tot travi	69.84	kN/m	
P soletta cls	282.49	kN/m	
g1 tot	352.3	kN/m	

6.2 PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2)

I carichi permanenti non strutturali sono costituiti dal peso della massicciata, dal peso delle barriere antirumore e dal peso delle canalette portacavi.

Secondo il §2.5.1.3.2 [3], ove non si eseguano valutazioni più dettagliate, la determinazione dei carichi permanenti portati relativi al peso della massicciata, armamento e dell'impermeabilizzazione potrà effettuarsi assumendo convenzionalmente, per linea in rettilineo, un peso di volume pari a 18,00 kN/m³, applicato su tutta la larghezza media compresa fra i muretti paraballast, per un'altezza media fra p.f. ed estradosso impalcato pari a 0,80 m.

6.2.1 BALLAST (G21)

Ballast/Armamento

γ armam.	18	kN/m ³
L trasv	8.3	m
sp. max	0.8	m
g2.1	119.5	kN/m

6.2.2 PERMANENTI NON STRUTTURALI GENERICI (G22)

Impermeabilizzazione e massetto

γ mass.	21	kN/m ³
L trasv	12.1	m
sp. max	0.05	m
g2.2a	12.7	kN/m

Canalette portacavi

peso canaletta	2.5	kN/m
num canalette	2	-
g2.2b	5.0	kN/m

Velette

peso veletta	1.5	kN/m
num velette	2	-
g2.2c	3.0	kN/m

Secondo il §2.5.1.3.2 [3], nella progettazione di nuovi ponti ferroviari dovranno essere sempre considerati i pesi le azioni e gli ingombri associati all'introduzione delle barriere antirumore, anche nei casi in cui non ne sia originariamente prevista la realizzazione, assumendo un peso pari a 4.00 kN/m² ed un'altezza minima di 4.00 m misurata dall'estradosso della soletta. Cautelativamente si considerano presenti barriere di altezza 5.05m ad entrambe le estremità dell'impalcato.

Barriere antirumore

p barriera	4	kN/m ²
h barriera	5.05	m
num barriere	2	-
g2.5	40.4	kN/m

6.2.1 TOTALE PERMANENTI NON STRUTTURALI

g2.1 ballast	119.5	kN/m
g2.2	61.1	kN/m

6.3 CARICHI DA TRAFFICO

Per i sovraccarichi mobili si considerano gli effetti prodotti dai modelli di carico rappresentativi del traffico normale (LM71) e pesante (SW/2). Tali effetti sono amplificati per il coefficiente di adattamento α e per il coefficiente dinamico ϕ_3 . Per il solo modello di carico LM71 si considera, inoltre, un'eccentricità e di carico rispetto l'asse del binario pari a $e = 143.5/18 = 8$ cm.

Sono inoltre portate in conto le azioni di frenatura ed avviamento, di serpeggio, di vento sul treno e l'effetto della sopraelevazione delle rotaie.

6.3.1 CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO (Q11)

Le azioni verticali associate ai convogli ferroviari si schematizzano mediante i modelli di carico teorici LM71 e SW/2.

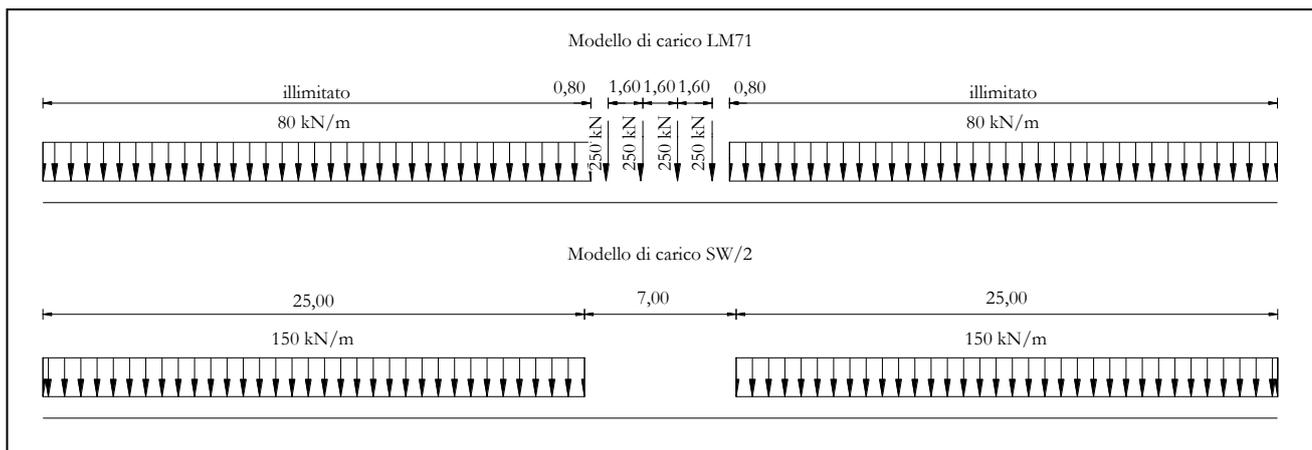


Figura 3 – Modelli di carico teorici LM71 e SW/2

Le differenti disposizioni degli assi e delle stese di carico considerate sono state definite in modo tale da massimizzare le sollecitazioni sulla struttura.

I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico devono essere moltiplicati per il coefficiente α che deve assumersi come da tabella seguente:

Modello di carico	Coefficiente α
LM71	1,10
SW/2	1,00

I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico devono essere moltiplicati per coefficienti che tengono conto dell'amplificazione dinamica. I coefficienti di amplificazione dinamica Φ si assumono pari a Φ_2 o Φ_3 in dipendenza dal livello di manutenzione della linea. In particolare si assumerà:

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	15 di 66

- per linee con elevato standard manutentivo:
 $\Phi_2 = 1,44/(\sqrt{L_\Phi - 0,2}) + 0,82$ con limitazione $1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$
- per linee con normale standard manutentivo:
 $\Phi_3 = 2,16/(\sqrt{L_\Phi - 0,2}) + 0,73$ con limitazione $1,00 \leq \Phi_2 \leq 2,00$

Per il caso in oggetto si ha:

L_Φ	17.1	m	L_c = luce travi
ϕ_3	1.28	-	

Alcuni scenari di carico prevedono l'impiego del treno scarico, convenzionalmente costituito da un carico uniformemente distribuito pari a 10.00 kN/m. Tale carico non è dimensionante per il manufatto in oggetto.

Si sono considerati i carichi equivalenti (taglianti e flettenti) previsti dalle norme ferroviarie *RFI DTC SI PS MA IFS 001 A* in funzione della luce di impalcato netta. Tali carichi sono comprensivi del coefficiente di adattamento α .

LM71

α	1.1	-	
L_c	17.1	m	
L_q	10.7	m	
L_Q	6.4	m	
$q(LM71)$	80	kN/m	
$Q(LM71)$	250	kN	
LM71 equiv. flettente	126.4	kN/m	
LM71 equiv. tagliante	136.0	kN/m	
LM71 equiv. flettente	139.0	kN/m	considerando il coeff. α
LM71 equiv. tagliante	149.6	kN/m	considerando il coeff. α

SW/2

α	1	-	
L_c	17.1	m	
L_q	10.1	m	
$L_{\text{senza carico}}$	7	m	
$q(LM71)$	150	kN/m	
$Q(LM71)$	0	kN	
LM71 equiv. flettente	150.0	kN/m	
LM71 equiv. tagliante	150.0	kN/m	
LM71 equiv. flettente	150.0	kN/m	considerando il coeff. α
LM71 equiv. tagliante	150.0	kN/m	considerando il coeff. α

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=17,50m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0107 001</td> <td>A</td> <td>16 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	16 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	16 di 66								

I carichi considerati nelle analisi e nelle verifiche successive sono i seguenti (i carichi sono già moltiplicati per α e ϕ_3):

Q1.1	191.4	kN/m	1 solo binario LM71
Q1.2	150.0	kN/m	1 solo binario SW/2
Q1.3	341.4	kN/m	2 binari: LM71+SW/2
Q1.4	382.7	kN/m	2 binari LM71

6.3.2 CARICHI SUI MARCIAPIEDI

La normativa prevede uno schema di carico “folla” sui marciapiedi, qualora questi (non aperti al pubblico) siano utilizzati dal personale autorizzato per attività di manutenzione e controllo.

Tali carichi accidentali sono schematizzati da un carico uniformemente ripartito del valore di 10 kN/mq.

Questo carico non deve considerarsi contemporaneo al transito dei convogli ferroviari e deve essere applicato sopra i marciapiedi in modo da dare luogo agli effetti locali più sfavorevoli. Per questo tipo di carico distribuito non deve applicarsi l'incremento dinamico.

6.3.3 AZIONI DI AVVIAMENTO E FRENATURA (Q2)

Le azioni di frenatura e avviamento sono costituite da forze uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato. I valori da considerare sono i seguenti:

- avviamento: $Q_{1a,k} = 33 \text{ kN/m} \cdot L \leq 1000 \text{ kN}$ per i modelli di carico LM71,SW/2
- frenatura: $Q_{1b,k} = 20 \text{ kN/m} \cdot L \leq 6000 \text{ kN}$ per i modelli di carico LM71
 $Q_{1b,k} = 35 \text{ kN/m}$ per i modelli di carico SW/2

I valori caratteristici dell'azione di frenatura e di avviamento devono essere moltiplicati per α e **non** devono essere moltiplicati per Φ . Nel caso di ponti a doppio binario si devono considerare due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento e l'altro in fase di frenatura.

Si ottiene, pertanto:

L binario	17.5	m	
Q1a,k	577.5	kN	avviamento
Q1b,k_LM71	350.0	kN	frenatura LM71
Q1b,k_SW/2	612.5	kN	frenatura SW/2

Q2.1	962.5	kN	avv+frenat LM71 (valori moltiplicati per α)
Q2.2	1247.8	kN	avv+frenat SW/2 (valori moltiplicati per α)

6.3.4 FORZA CENTRIFUGA (Q3)

L'azione centrifuga è schematizzata come una forza agente in direzione orizzontale perpendicolarmente al binario e verso l'esterno della curva, applicata ad 1,80 m al di sopra del p.f.. Il valore caratteristico della forza centrifuga si determina in accordo con la seguente espressione:

$$Q_{tk} = \frac{V^2}{g \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot Q_{vk})$$

$$q_{tk} = \frac{V^2}{g \cdot r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot q_{vk})$$

dove V velocità di progetto espressa in km/h
 Q_{vk} q_{vk} valore caratteristico dei carichi verticali
 R raggio di curvatura in m
 f fattore di riduzione

$$f = \left[1 - \frac{V - 120}{1000} \left(\frac{814}{V} + 1,75 \right) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_f}} \right) \right]$$

L_f lunghezza di influenza, in metri, della parte curva di binario carico sul ponte (la più sfavorevole per il progetto del generico elemento strutturale)

Per il modello di carico LM71 e per velocità di progetto superiori a 120 km/h, si considerano i seguenti 2 casi:

- modello di carico LM71 e forza centrifuga per $V = 120$ km/h e $f = 1$;
- modello di carico LM71 e forza centrifuga calcolata per la massima velocità di progetto.

Per i modelli di carico SW si assume una velocità massima di 100 km/h,
 La forza centrifuga non deve essere incrementata dei coefficienti dinamici.

Nel caso in esame si ha:

V	180	km/h
L_f	17.5	m
R	1600	m

Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	18 di 66

LM71

Qvk **250** kN
qvk **80** kN/m

1° caso

f **1** -
V **120** km/h
 α 1.1 -
Qtk **19.5** kN
qtk **6.2** kN/m

2° caso

f 0.78 -
V 180 km/h
 α **1** -
Qtk **30.9** kN
qtk **9.9** kN/m

SW/2

Qvk **0** kN
qvk **150** kN/m

f **1** -
V **100** km/h
 α **1** -
Qtk **0** kN
qtk **7.4** kN/m

Si ottengono i seguenti carichi equivalenti:

	LM71	SW/2	
q equiv_flettente	15.6	7.4	kN/m
q equiv_tagliante	16.8	7.4	kN/m

6.3.1 SERPEGGIO (Q4)

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario.

Il valore caratteristico di tale forza è assunto pari a 100 kN. Tale valore deve essere moltiplicato per α ma non per il coefficiente di amplificazione dinamica.

6.3.1 DERAGLIAMENTO

In alternativa ai modelli di carico verticale da traffico ferroviario, ai fini della verifica della struttura si dovrà tenere conto della possibilità che un locomotore o un carro pesante deragli. La normativa propone due diverse situazioni di progetto:

Caso 1

Si considerano due carichi verticali lineari $q_{A1d} = 60 \text{ kN/m}$ (comprensivo dell'effetto dinamico) ciascuno. Trasversalmente i carichi distano fra loro di S (scartamento del binario) e possono assumere tutte le posizioni comprese entro i limiti indicati in Fig. 5.2.12.

Per questa condizione sono tollerati danni locali, purché possano essere facilmente riparati, mentre sono da evitare danneggiamenti delle strutture portanti principali.

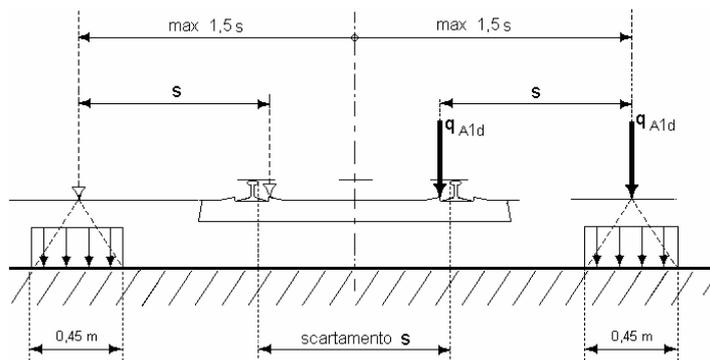


Figura 11 – posizione azioni da deragliamento – caso 1

Caso 2

Si considera un unico carico lineare $q_{A2d} = 80 \times 1,4 \text{ kN/m}$ esteso per 20 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di $1,5 s$ rispetto all'asse del binario. Tale caso deve essere applicato solo per effetti globali.

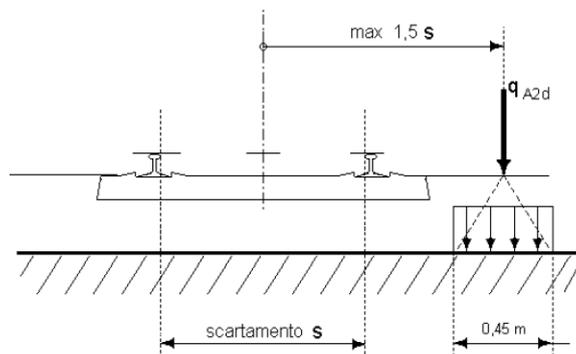


Figura 12 – posizione azioni da deragliamento – caso 2

La posizione dei carichi non determina scenari che vedono coinvolti elementi sensibili a rotture localizzate (mensole, muretti, elementi puntuali, ecc.). Inoltre, sia la posizione che l'entità dei carichi (molto inferiori rispetto ai carichi da

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=17,50m - Relazione di calcolo	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">VI0107 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">20 di 66</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	20 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	20 di 66								

traffico considerati in progetto), unitamente al fatto che i relativi effetti devono essere considerati nell'ambito delle combinazioni eccezionali (con valori dei coefficienti parziali sensibilmente meno gravosi di quelli considerate nelle combinazioni caratteristiche) portano a concludere che le azioni da deragliamento non sono significative per le verifiche degli elementi strutturali del manufatto e non determinano scenari più gravosi di quelli effettivamente considerati nei confronti della stabilità globale del manufatto.

6.3.2 GRUPPI DI CARICO

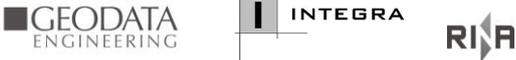
I carichi da traffico ferroviario verranno assemblati tra di loro secondo 3 gruppi di carico: il gruppo 1, 3 e 4.

Tabella 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo.2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (Φ, α , ecc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=17,50m - Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0107 001	REV. A	FOGLIO 21 di 66

6.4 CARICHI VARIABILI (Q5)

6.4.1 AZIONI DEL VENTO (Q5.1)

L'azione del vento viene ricondotta ad un'azione statica equivalente costituita da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici.

La pressione del vento è data dalla seguente espressione:

$$p = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

- dove
- q_b pressione cinetica di riferimento
 - C_e coefficiente di esposizione
 - C_p coefficiente di forma
 - C_d coefficiente dinamico, posto generalmente pari a 1

Di seguito si riporta il dettaglio del calcolo di tali fattori per l'opera in oggetto.

6.4.1.1 PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO

La pressione cinetica di riferimento si determina mediante l'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \text{ (in N/m}^2\text{)}$$

- dove
- v_b velocità di riferimento
 - ρ densità dell'aria, convenzionalmente posta pari a 1,25 kg/m³

Di seguito si determina la pressione di riferimento sulla base dei parametri caratteristici del sito e il tempo di ritorno dell'opera in oggetto:

Parametri dipendenti dal sito

Zona =	3	
$v_{b,0}$ =	27.00	m/s
a_0 =	500.00	m
k_a =	0.02	1/s

Altitudine del sito

a_s =	45.00	m s,l,m,
v_b =	27.00	m/s

Tempo di ritorno

TR =	75	anni
$\alpha_R(TR) =$	1.023	
$v_b(TR) =$	27.63	m/s

Pressione di riferimento

qb =	477.3	N/m ²
------	-------	------------------

Dove:

$$\alpha_R = 0,75 \cdot [1 - 0,2 \cdot \ln(-\ln(1 - 1/TR))]^{0,5}$$

$$v_b(TR) = \alpha_R \cdot v_b$$

6.4.1.2 COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito e si determina mediante l'espressione:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

dove k_r, z_0, z_{min} sono parametri che dipendono dalla categoria di esposizione del sito;

c_t è il coefficiente di topografia, posto generalmente pari a 1

Di seguito si determina il coefficiente di esposizione sulla base della classe d'esposizione e l'altezza z del punto considerato, posta pari alla massima quota del complesso impalcato, barriere antirumore, sagoma del treno. A tal proposito il §2.5.1.4.4.2 [3] impone di considerare il treno come una superficie piana continua convenzionalmente alta 4.00 m sul p.f.. Cautelativamente si considerano presenti barriere H4 ad entrambe le estremità dell'impalcato.

Categoria di esposizione

Classe di rugosità =	D
Distanza dalla costa =	> 30 km

Categoria di esposizione =	II
$k_r =$	0.19
$z_0 =$	0.05 m
$z_{min} =$	4.00 m

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	23 di 66

Quota di riferimento z

H struttura fino a p.f. =	9.15	m
H b.a. su p.f. =	5.05	m
H treno su p.f. =	4.00	m
z di riferimento =	16.05	m

Coefficiente di esposizione

ce =	2.66
------	------

6.4.1.3 COEFFICIENTE DI FORMA DELL'IMPALCATO

Il coefficiente di forma dell'impalcato e l'area di riferimento per il calcolo della forza risultante si determinano in base ai criteri enunciati nel §8.3.1 [9].

A tal proposito si riconduce il coefficiente di forma c_p al coefficiente di forza $c_{fx,0}$. Il coefficiente di forza $c_{fx,0}$ si determina in base al rapporto tra larghezza b e altezza totale dell'impalcato d_{tot} .

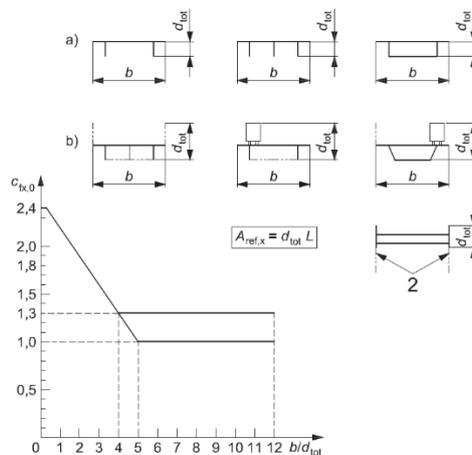


Figura 4 – Correlazione tra il rapporto b/d_{tot} e coefficiente di forma c_{fx0} (figura 8,3 EC1-4)

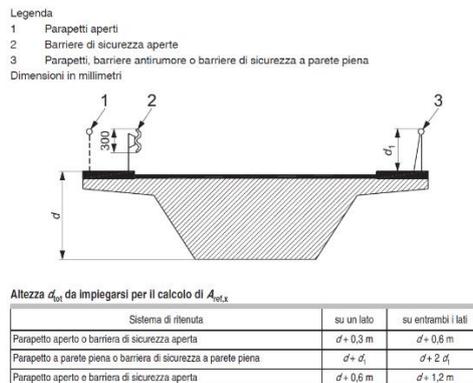


Figura 5 – Criteri per la determinazione dell'area di riferimento (figura 8,5 EC1-4)

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=17,50m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0107 001</td> <td>A</td> <td>24 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	24 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	24 di 66								

L'area da considerare per il calcolo della risultante di forza si definisce come la somma di tutte le superfici proiettate dall'impalcato nel piano longitudinale, comprese le barriere e la sagoma dei veicoli.

Per il caso in esame si ha:

Caratteristiche geometriche dell'impalcato

b =	13.70	m
H b.a. su p.f. =	5.05	m
H imp. fino a p.f.	1.85	m
dtot max =	10.9	m
b/dtot =	1.26	
cp, max =	2.06	

6.4.1.4 AZIONE DEL VENTO

Di seguito si procede al calcolo dell'azione del vento agente sull'impalcato in relazione ai parametri determinati nei paragrafi precedenti.

Pressione del vento

qb =	477.3	N/m ²
ce =	2.66	
cp =	2.06	
cd =	1.00	
p = qb · ce · cp · cd =	2.62	kN/m²

6.4.2 AZIONI AERODINAMICHE INDOTTE DAL TRANSITO DEI CONVOGLI

Per la valutazione delle azioni aerodinamiche indotte dal transito dei convogli si è fatto riferimento a quanto riportato al punto 2.5.1.4.6 delle istruzioni RFI [RFI DTC SICS MA IFS 001 con riferimento al caso di “Superfici verticali parallele al binario”.

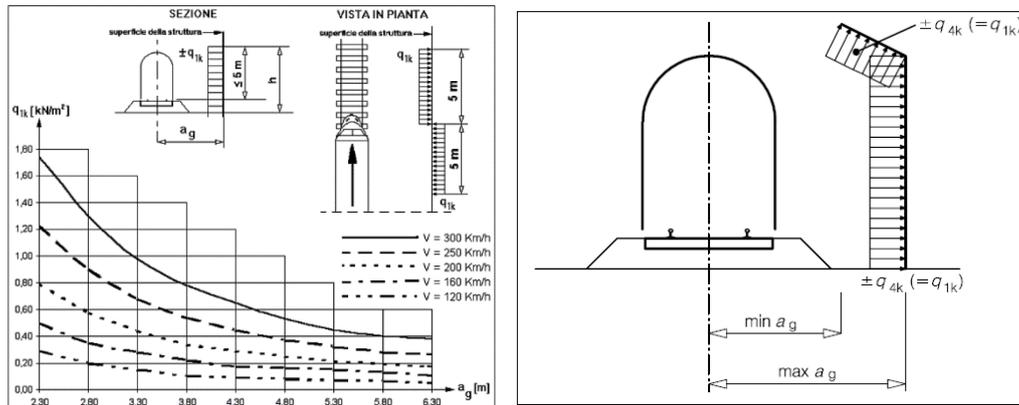


Figura 6 – Valori caratteristici delle azioni e definizione della distanza minima e massima della barriera dal convoglio [NTC – Fig. 5.2.8 e 5.2.11]

Per la linea in esame è possibile considerare, cautelativamente, convogli con forme aerodinamiche sfavorevoli e aventi velocità di linea pari a 180 km/h. Pertanto si ha:

a_g	4.45	m	distanza barriera asse binario
V	180	km/h	
q_{ak}	0.25	kN/m ²	dal grafico
L_b	12.5	m	lunghezza barriera
h_b	5.05	m	altezza barriera
y_b	1.16	m	distanza attacco barriera da intradosso trave
y_{Gb}	3.405	m	baricentro barriera da intradosso impalcato

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=17,50m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0107 001</td> <td>A</td> <td>26 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	26 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	26 di 66								

6.4.3 AZIONI TERMICHE (Q5.2)

6.4.3.1 VARIAZIONE TERMICA UNIFORME

È stata considerata una variazione termica uniforme della struttura pari a $\pm 25^{\circ}\text{C}$.

6.4.3.2 VARIAZIONE TERMICA DIFFERENZIALE

È stata considerata una differenza di temperatura tra estradosso e intradosso della soletta superiore pari a $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

6.4.4 AZIONI DA NEVE (Q5.3)

Il carico da neve sulla piattaforma ferroviaria non può essere contemporaneo al traffico ferroviario.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=17,50m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0107 001</td> <td>A</td> <td>27 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	27 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	27 di 66								

6.5 AZIONI INDIRETTE (Q6)

6.5.1 RESISTENZE PARASSITE NEI VINCOLI (Q6.1)

Per la valutazione delle coazioni generate dallo scorrimento dei vincoli, è stato considerato un coefficiente d'attrito f pari a 0,06, applicato alle azioni verticali agenti sugli apparecchi d'appoggio.

La forza agente sulle pile per impalcati a travate isostatiche si considera pari a:

$$F_a = f (0.2 * V_G + V_Q)$$

dove V_G reazione verticale massima associata ai carichi permanenti

V_Q reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamizzati

Reazioni verticali massime

$$V(G1+G2) = 4663 \quad \text{kN}$$

$$V(Q1\text{max}) = 3349 \quad \text{kN}$$

Forza d'attrito risultante per il singolo impalcato

$$f = 0.06$$

$$F_long_pila = 257 \quad \text{kN}$$

La forza agente sulla spalla mobile per impalcati a travate isostatiche si considera pari a:

$$F_a = f (V_G + V_Q)$$

dove V_G reazione verticale massima associata ai carichi permanenti

V_Q reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamizzati

Reazioni verticali massime

$$V(G1+G2) = 4663 \quad \text{kN}$$

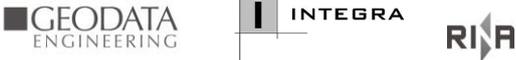
$$V(Q1\text{max}) = 3349 \quad \text{kN}$$

Forza d'attrito risultante per il singolo impalcato

$$f = 0.06$$

$$F_long_spalla = 481 \quad \text{kN}$$

Nel caso in esame la fila di appoggi fissi è posizionata sulla pila 1, mentre la spalla 1 è mobile.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=17,50m - Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0107 001	REV. A	FOGLIO 28 di 66

6.6 AZIONI SISMICHE (E)

L'azione sismica di progetto è rappresentata da spettri di risposta definiti in base alla pericolosità sismica di base del sito ove sorge l'opera in oggetto, la vita di riferimento e le caratteristiche del sottosuolo.

Di seguito si riportano i parametri di input utilizzati per la definizione degli spettri di progetto orizzontali e verticali e i grafici degli stessi.

6.6.1 SPETTRI DI PROGETTO ALLO SLV

Coordinate geografiche del sito:

Latitudine [°]	Longitudine [°]
41,155	14,465

Strategia di progettazione

Vita nominale VN =	75	anni
Coefficiente d'uso cu =	1.5	
Vita di riferimento VR =	112.5	anni
Categoria di sottosuolo =	B	
Categoria topografica =	T1	

Per la definizione della categoria di suolo si rimanda all'elaborato progettuale "VI01 - Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni" IF2612EZZCLVI0103002A.

6.6.1.1 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO ORIZZONTALE

Tr	1068	anni
ag	0.275	g
Fo	2.350	-
S	1.142	-
TB	0.182	sec
TC	0.547	sec
TD	2.699	sec

6.6.1.2 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO VERTICALE

Tr	1068	anni
agv	0.195	g
Fv	1.663	-
S	1.000	-
TB	0.050	sec
TC	0.150	sec
TD	1.000	sec

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

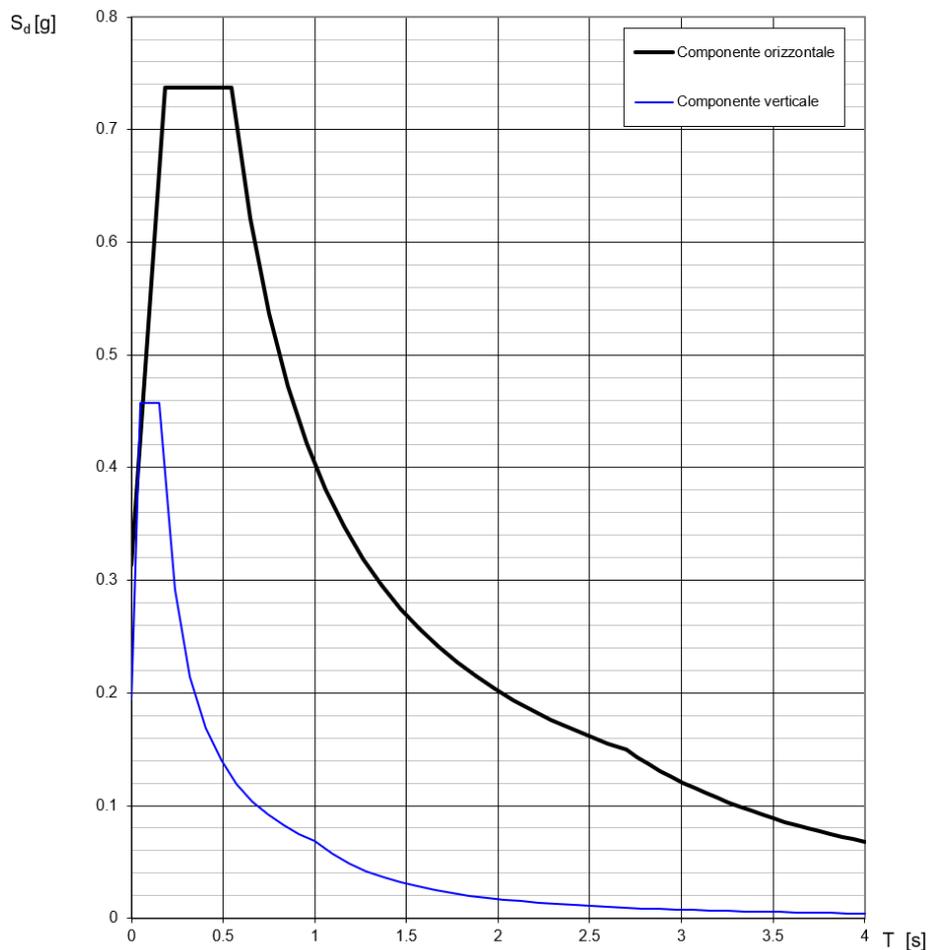
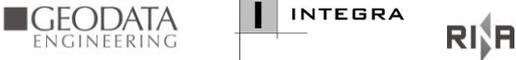


Figura 7 – Spettro elastico allo SLV – Componente orizzontale e verticale

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=17,50m - Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0107 001	REV. A	FOGLIO 30 di 66

7 COMBINAZIONI DI CARICO

La determinazione delle Sollecitazioni di Progetto utili al dimensionamento strutturale e geotecnico delle opere oggetto del presente documento, è stata condotta utilizzando il metodo agli stati limite, secondo quanto specificato a riguardo al paragrafo 2.6 del DM 14.01.08, con riferimento all'Approccio 2.

Per la definizione dei criteri di combinazione degli effetti prodotti dalle singole condizioni elementari di carico previste sull'opera, si è fatto inoltre riferimento a quanto prescritto al prg 2.5.3 dello stesso DM, di seguito riproposto per completezza:

2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- 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:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Trattandosi nel caso in esame di opere ferroviarie, la definizione dei coefficienti parziali di combinazione (γ) e di partecipazione (ψ) è stata effettuata seguendo a riguardo le specifiche di cui al paragrafo 5.2.3 del DM 14.01.08 nonché quanto indicato nel relativo manuale di progettazione RFI già citato al paragrafo dei documenti di riferimento; nel seguito un estratto significativo sul tema dei documenti citati.

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_p	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 1 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni agli SLU

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ⁽³⁾	(1)	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽³⁾	-	-
	Centrifuga	(2) ⁽³⁾	(2)	(2)
Azione laterale (serpeggio)		1,00 ⁽³⁾	0,80	0,0

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Si usano gli stessi coefficienti Ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tabella 2 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (Φ, α , ecc.)
 (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Tabella 3 – Definizione dei gruppi di carico

Di seguito vengono riportate le tabelle che riepilogano le condizioni di carico elementari (C.C.E.) considerate.

	C.C.E.	Descrizione
G - Permanenti	G1	Pesi propri
	G21	Ballast
	G22, G23, G24	Permanenti non strutturali
Q1 - Variabili verticali	Q1	Carichi verticali da traffico
Q2 - Avviamento e frenatura	Q2	Avviamento e frenatura
Q3 - Centrifuga	Q3	Centrifuga
Q4 - Serpeggio	Q4	Serpeggio

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	33 di 66

Q5 - Variabili	Q51	Vento
	Q52	Termiche
Q6 - Azioni interne	Q61	Resistenza parassite nei vincoli
E - Azioni sismiche	E1	Sisma x
	E2	Sisma y
	E3	Sisma z

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei coefficienti di combinazione utilizzati per le verifiche delle travi.

	Coefficienti combinazione			
	γ	γ_{gr1}	ψ_{01}	coeff
Azione				
Peso proprio	1.35	-	-	1.35
Sovraccarichi permanenti	1.5	-	-	1.5
LM71 dinamizzato	1.45	1	-	1.45
Eccentricità del carico LM71	1.45	1	-	1.45
Effetto della sopraelevazione	1.45	1	-	1.45
Frenatura/Avviamento	1.45	0.5	-	0.725
Centrifuga	1.45	1	-	1.45
Serpeggio	1.45	1	-	1.45
Vento	1.5	-	0.6	0.9

8 ANALISI E SOLLECITAZIONI

8.1 SOLLECITAZIONI SULLA FASCIA DI 4M

Nei seguenti paragrafi si valutano le azioni flettenti, taglianti e torcenti agenti sulla fascia resistente di larghezza pari a 4.0 m in cui sono presenti 9 travi.

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 4,0 m. 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 LM e l'effetto della sopraelevazione.

MOMENTO FLETTENTE E TAGLIO

Peso proprio

	q [kN/m]	l [m]	n_tr	n_tr_4m		
M1,1	352.3	17.10	24	9	4829	kNm
V1,1	352.3	17.10	24	9	1130	kN
R1,1	352.3	17.10	24	9	1130	kN

Sovraccarichi permanenti

	q [kN/m]	l [m]	num travi tot	n_tr_4m		
M1,2	180.6	17.10	24	9	2476	kNm
V1,2	180.6	17.10	24	9	579	kN
R1,2	180.6	17.10	24	9	579	kN

Variabili ferroviari

<u>LM71</u>	ψ	αq [kN/m]	l [m]	num travi tot	n_tr_4m		
M2 (conf. 1)	1.279	139.0	17.10	24	9	6499	kNm
V2 (conf. 2)	1.279	149.6	17.10	24	9	1636	kN
R2 (conf. 2)	1.279	149.6	17.10	24	9	1636	kN

<u>SW/2</u>	ψ	αq [kN/m]	l [m]	num travi tot	n_tr_4m		
M2	1.279	150.0	17.10	24	9	7012	kNm
V2	1.279	150.0	17.10	24	9	1640	kN
R2	1.279	150.0	17.10	24	9	1640	kN

Frenatura

<u>LM71</u>	αQ [kN]	z [m]	l [m]		
R4,max	385.0	1.85	17.10	42	kN
M4,app	385.0	1.40		539	kNm
M4,mezz				270	kNm

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	35 di 66

<u>SW/2</u>	αQ [kN]	z [m]	l [m]		
R4,max	612.5	1.85	17.10	66	kN
M4,app	612.5	1.40		858	kNm
M4,mezz				429	kNm

Avviamento

<u>LM71</u>	αQ [kN]	z [m]	l [m]		
R4,max	635.3	1.85	17.10	69	kN
M4,app	635.3	1.40		889	kNm
M4,mezz				445	kNm

<u>SW/2</u>	αQ [kN]	z [m]	l [m]		
R4,max	577.5	1.85	17.10	62	kN
M4,app	577.5	1.40		809	kNm
M4,mezz				404	kNm

COPPIE TORCENTI A METRO LINEARE DI IMPALCATO

Centrifuga

<u>LM71</u>	αq [kN/m]	z [m]			
mt5,flettenti	15.6	1.40	21.9		kNm/m
mt5,taglianti	16.8	1.85	31.2		kNm/m

<u>SW/2</u>	αq [kN/m]	z [m]			
mt5,flettenti	7.4	1.40	10.3		kNm/m
mt5,taglianti	7.4	1.85	13.7		kNm/m

Eccentricità del carico LM71

	q [kN/m]	z [m]			
mt6,flettenti	139.0	0.08	11.1		kNm/m
mt6,taglianti	149.6	0.08	11.9		kNm/m

Effetto della sopraelevazione

		s [m]			
es=180xs/143.5=	180	0.15	143.5	0.188	m

<u>LM71</u>	q [kN/m]	es [m]			
mt7,flettenti	139.0	0.188	26.2		kNm/m
mt7,taglianti	149.6	0.188	28.2		kNm/m

<u>SW/2</u>	q [kN/m]	es [m]			

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	36 di 66

mt7,flettenti	150.0	0.188	28.2	kNm/m
mt7,taglianti	150.0	0.188	28.2	kNm/m

Vento

vento su barriera a.r. (senza traffico)

	Fw [kN]	Li [m]	zFw [m]	
mt8=Fw/Li x zFw	284	17.10	3.00	49.9 kNm/m

vento su treno

	Fw [kN]	Li [m]	zFw [m]	
mt8=Fw/Li x zFw	284	17.10	2.48	41.1 kNm/m

Serpeggio (azione laterale)

<u>LM71</u>	qs [kN/m]	zs [m]	
mt9=qsxs	110	1.40	154.0 kNm/m

<u>SW/2</u>	qs [kN/m]	zs [m]	
mt9=qsxs	100	1.40	140.0 kNm/m

8.2 SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE DI BORDO DELLA FASCIA DI 4M

Di seguito si riportano le azioni flettenti, taglianti e torcenti agenti sulla trave di bordo della fascia resistente. In particolare gli effetti delle coppie torcenti "mt" si traducono un incremento di carico verticale Δq sulla trave di bordo. Le sollecitazioni flettenti e taglianti sono invece equamente suddivise tra le travi appartenenti alla fascia resistente.

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 Brs*h:

$$\Delta p = \alpha * mt$$

Dove:

i =	0.42	m	interasse travi
d	1.89	m	braccio trave di bordo
B _{rip.} =	4	m	larghezza di ripartizione
h	0.9	m	altezza travi
J = h x B _{rip.} ³ / 12 =	5.33	m ⁴	inerzia striscia unitaria trasversale di impalcato di altezza=Brs
$\alpha = d \times i / J =$	0.149	1/mq	

AZIONI VERTICALI

Peso proprio

		n_tr_4m		
M' _{1,1} = M _{1,1} /n	4829	9	537 kNm	Momento mezzeria
V' _{1,1} = V _{1,1} /n	1130	9	126 kN	Taglio all'appoggio
R' _{1,1} = R _{1,1} /n	1130	9	126 kN	Reazione vincolare

Sovraccarichi permanenti

		n_tr_4m		
M' _{1,2} = M _{1,2} /n	2476	9	275 kNm	Momento mezzeria
V' _{1,2} = V _{1,2} /n	579	9	64 kN	Taglio all'appoggio
R' _{1,2} = R _{1,2} /n	579	9	64 kN	Reazione vincolare

Variabili ferroviari

		n_tr_4m		
LM71				
M' ₂ = M ₂ /n	6499	9	722 kNm	Momento mezzeria (conf. 1)
V' ₂ = V ₂ /n	1636	9	182 kN	Taglio all'appoggio (conf. 2)
R' ₂ = R ₂ /n	1636	9	182 kN	Reazione vincolare (conf. 2)

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	38 di 66

<u>SW/2</u>			n_tr_4m		
M'2 = M2/n	7012	9	779 kNm	Momento mezzeria	
V'2 = V2/n	1640	9	182 kN	Taglio all'appoggio	
R'2 = R2/n	1640	9	182 kN	Reazione vincolare	

Frenatura

<u>LM71</u>			n_tr_4m		
M'4 = M4,mezz/n	270	9	30 kN	Momento mezzeria	
V'4 = R4/n	42	9	5 kNm	Taglio all'appoggio	
N'4 = Ql/n	385	9	43 kN	Sforzo normale	

<u>SW/2</u>			n_tr_4m		
M'4 = M4,mezz/n	429	9	48 kN	Momento mezzeria	
V'4 = R4/n	66	9	7 kNm	Taglio all'appoggio	
N'4 = Ql/n	613	9	68 kN	Sforzo normale	

Avviamento

<u>LM71</u>			n_tr_4m		
M'4 = M4,mezz/n	445	9	49 kN	Momento mezzeria	
V'4 = R4/n	69	9	8 kNm	Taglio all'appoggio	
N'4 = Ql/n	635	9	71 kN	Sforzo normale	

<u>SW/2</u>			n_tr_4m		
M'4 = M4,mezz/n	404	9	45 kN	Momento mezzeria	
V'4 = R4/n	62	9	7 kNm	Taglio all'appoggio	
N'4 = Ql/n	578	9	64 kN	Sforzo normale	

AZIONI ORIZZONTALI

Centrifuga

<u>LM71</u>	α	mt5 [kNm/m]			
$\Delta p5, flettenti = \alpha \times mt5$	0.149	21.9	3.26 kNm/m		
$\Delta p5, taglianti = \alpha \times mt5$	0.149	31.2	4.64 kNm/m		
		$\Delta p5$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M5 = \Delta p5 \times Lc^2 / 8$	3.26	17.10	119 kNm	momento in mezzeria	
$V5 = \Delta p5 \times Lc / 2$	4.64	17.10	40 kNm	taglio all'appoggio	

<u>SW/2</u>	α	mt5 [kNm/m]			
$\Delta p5, flettenti = \alpha \times mt5$	0.149	10.3	1.54 kNm/m		
$\Delta p5, taglianti = \alpha \times mt5$	0.149	13.7	2.04 kNm/m		

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	39 di 66

	$\Delta p5$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M5 = \Delta p5 \times Lc^2 / 8$	1.54	17.10	56 kNm	momento in mezzeria
$V5 = \Delta p5 \times Lc / 2$	2.04	17.10	17 kNm	taglio all'appoggio

Eccentricità del carico LM71

	α	mt6 [kNm/m]		
$\Delta p6, \text{flettenti} = \alpha \times mt6$	0.149	11.1	1.65 kNm/m	
$\Delta p6, \text{taglianti} = \alpha \times mt6$	0.149	11.9	1.78 kNm/m	

	$\Delta p6$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M6 = \Delta p6 \times Lc^2 / 8$	1.65	17.10	60 kNm	momento in mezzeria
$V6 = \Delta p6 \times Lc / 2$	1.78	17.10	15 kNm	taglio all'appoggio

Effetto della sopraelevazione

LM71

	α	mt7 [kNm/m]		
$\Delta p7, \text{flettenti} = \alpha \times mt7$	-0.149	26.2	-3.89 kNm/m	
$\Delta p7, \text{taglianti} = \alpha \times mt7$	-0.149	28.2	-4.19 kNm/m	

	$\Delta p7$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M7 = \Delta p7 \times Lc^2 / 8$	-3.89	17.10	-142 kNm	momento in mezzeria
$V7 = \Delta p7 \times Lc / 2$	-4.19	17.10	-36 kNm	taglio all'appoggio

SW/2

	α	mt7 [kNm/m]		
$\Delta p7, \text{flettenti} = \alpha \times mt7$	-0.149	28.2	-4.20 kNm/m	
$\Delta p7, \text{taglianti} = \alpha \times mt7$	-0.149	28.2	-4.20 kNm/m	

	$\Delta p7$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M7 = \Delta p7 \times Lc^2 / 8$	-4.20	17.10	-154 kNm	momento in mezzeria
$V7 = \Delta p7 \times Lc / 2$	-4.20	17.10	-36 kNm	taglio all'appoggio

Vento

vento su barriera a.r. (senza traffico)

	α	mt8 [kNm/m]		
$\Delta p8 = \alpha \times mt8$	0.149	49.9	7.42 kNm/m	

	$\Delta p8$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M8 = \Delta p8 \times Lc^2 / 8$	7.42	17.10	271 kNm	momento in mezzeria
$V8 = \Delta p8 \times Lc / 2$	7.42	17.10	63 kNm	taglio all'appoggio

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	40 di 66

vento su treno

	α	mt8 [kNm/m]		
$\Delta p8 = \alpha \times mt8$	0.149	41.1	6.12	kNm/m
	$\Delta p8$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M8 = \Delta p8 \times Lc^2 / 8$	6.12	17.10	224	kNm momento in mezzeria
$V8 = \Delta p8 \times Lc / 2$	6.12	17.10	52	kNm taglio all'appoggio

Serpeggio (azione laterale)

	α	mt9 [kNm/m]		
<u>LM71</u>				
$\Delta p9 = \alpha \times mt9$	0.149	154.0	22.92	kNm/m
	$\Delta p9$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M9 = \Delta p9 \times Lc / 4$	22.92	17.10	98	kNm momento in mezzeria
$V9 = \Delta p9$	22.92		23	kNm taglio all'appoggio

	α	mt9 [kNm/m]		
<u>SW/2</u>				
$\Delta p9 = \alpha \times mt9$	0.149	140.0	20.84	kNm/m
	$\Delta p9$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M9 = \Delta p9 \times Lc / 4$	20.84	17.10	89	kNm momento in mezzeria
$V9 = \Delta p9$	20.84		21	kNm taglio all'appoggio

8.3 RIEPILOGO SOLLECITAZIONI TRAVE DI BORDO FASCIA

Le sollecitazioni di pressoflessione e taglio agenti nella trave maggiormente sollecitata sono riportate nella sottostante tabelle suddivise per condizioni elementari di carico e relative ai modelli di carico ferroviario LM/71 e SW/2. Sono inoltre riportate le sollecitazioni di calcolo, ottenute considerando i coefficienti di combinazione previsti dalla normativa, inclusi quelli per la definizione dei gruppi di carico da traffico:

Caso di carico 1 - LM71

Azione	Sollecitazioni caratteristiche			Coefficienti combinazione				Sollecitazioni SLU		
	M mezzeria	V appoggio	N	γ	γ_{gr1}	ψ_{01}	coeff	M mezzeria	V appoggio	N
	[kNm]	[kN]	[kN]					[kNm]	[kN]	[kN]
Peso proprio	537	126	0	1.35	-	-	1.35	724	169	0
Sovraccarichi permanenti	275	64	0	1.5	-	-	1.5	413	97	0
LM71 dinamizzato	722	182	0	1.45	1	-	1.45	1047	264	0
Eccentricità del carico LM71	60	15	0	1.45	1	-	1.45	87	22	0
Effetto della sopraelevazione	-142	-36	0	1.45	1	-	1.45	-206	-52	0
Frenatura/Avviamento	30	5	43	1.45	0.5	-	0.725	22	3	31
Centrifuga	119	40	0	1.45	1	-	1.45	173	57	0
Serpeggio	98	23	0	1.45	1	-	1.45	142	33	0
Vento	271	63	0	1.5	-	0.6	0.9	244	57	0
Σ	2646	651	31							

Caso di carico 2 - SW/2

Azione	Sollecitazioni caratteristiche			Coefficienti combinazione				Sollecitazioni SLU		
	M mezzeria	V appoggio	N	γ	γ_{gr1}	ψ_{01}	coeff	M mezzeria	V appoggio	N
	[kNm]	[kN]	[kN]					[kNm]	[kN]	[kN]
Peso proprio	537	126	0	1.35	-	-	1.35	724	169	0
Sovraccarichi permanenti	275	64	0	1.5	-	-	1.5	413	97	0
SW/2 dinamizzato	779	182	0	1.45	1	-	1.45	1130	264	0
Eccentricità del carico SW/2	0	0	0	1.45	1	-	1.45	0	0	0
Effetto della sopraelevazione	-154	-36	0	1.45	1	-	1.45	-223	-52	0
Frenatura/Avviamento	48	7	68	1.45	0.5	-	0.725	35	5	49
Centrifuga	56	17	0	1.45	1	-	1.45	82	25	0
Serpeggio	89	21	0	1.45	1	-	1.45	129	30	0
Vento	271	63	0	1.5	-	0.6	0.9	244	57	0
Σ	2534	596	49							

Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	42 di 66

Caso di carico 3 - scarico

Azione	Solicitazioni caratteristiche		
	M mezzeria [kNm]	V appoggio [kN]	N [kN]
Peso proprio	537	126	0
Sovraccarichi permanenti	275	64	0
Treno dinamizzato	0	0	0
Eccentricità del carico	0	0	0
Effetto della sopraelevazione	0	0	0
Frenatura/Avviamento	0	0	0
Centrifuga	0	0	0
Serpeggio	0	0	0
Vento	271	63	0

Coefficienti combinazione			
γ	γ_{gr1}	ψ_{01}	coeff

1.35	-	-	1.35
1.5	-	-	1.5
1.45	1	-	1.45
1.45	1	-	1.45
1.45	1	-	1.45
1.45	0.5	-	0.725
1.45	1	-	1.45
1.45	1	-	1.45
1.5	-	0.6	0.9

Solicitazioni SLU		
M mezzeria [kNm]	V appoggio [kN]	N [kN]
724	169	0
413	97	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
244	57	0

Σ	1381	323	0
----------	------	-----	---

M mezzeria	2646	kNm
N mezzeria	49	kN
V appoggio	651	kN

9 VERIFICHE DELLE TRAVI

9.1 VERIFICHE DI RESISTENZA

Le verifiche di resistenza allo SLU vengono eseguite per la trave di bordo in funzione delle sollecitazioni massime tra i modelli di carico considerati.

Il calcestruzzo è considerato non collaborante e pertanto la resistenza è affidata alle sole n travi in acciaio comprese all'interno della zona di ripartizione del carico pari a 4.0m.

PROFILO

A	37100	mm ²
W	1.09E+07	mm ³
S	8.35E+06	mm ³
J	4.90E+09	mm ⁴
tw	18.5	mm
yg*	450	mm

MATERIALE

f _{yk}	355	MPa
γ _{M0}	1.05	-
f _{yd}	338.1	MPa

SOLLECITAZIONI

M	2646	kNm
N	49	kN
V	651	kN

TENSIONI

$\sigma = N/A + M/W =$	244	MPa
$\tau = V \times S/(J \times tw) =$	60	MPa

FS

$\sigma / f_{yd} =$	0.72	OK
$\tau / (f_{yd} * \sqrt{3}) =$	0.31	OK

La verifica è soddisfatta.

9.2 VERIFICHE DI DEFORMABILITA'

Le verifiche di deformabilità sono condotte agli stati limite di servizio considerando la combinazione rara delle azioni e prendendo in esame le seguenti grandezze:

- inflessione nel piano verticale dell'impalcato (rotazione agli appoggi)
- deformazioni torsionali dell'impalcato (fenomeno dello sghebo)
- stato limite per il comfort passeggeri (freccia sotto il treno di carico LM71 dinamizzato)

Le verifiche sono condotte con il treno di carico LM71 incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico ϕ_3 . Per l'inflessione si tiene in conto anche una variazione lineare di temperatura di 10° lungo l'altezza dell'impalcato.

Il calcestruzzo è considerato interamente reagente ai fini della determinazione dell'inerzia flessionale dell'impalcato e della ripartizione trasversale dei carichi mobili con coefficiente di omogeneizzazione pari a $n = 6$. Nelle verifiche la fascia di impalcato reagente ha una larghezza $b = 4.0m$.

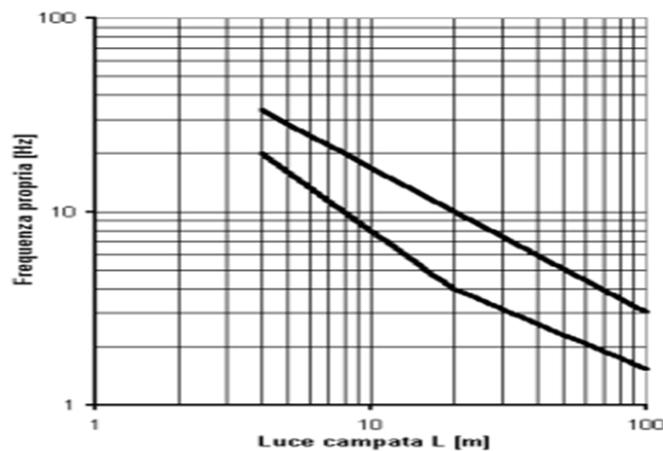
Le caratteristiche della sezione reagente omogeneizzata in cls sono di seguito riportate:

Brip. =	4	m	larghezza di ripartizione
Htravi =	0.9	m	altezza travi acciaio
sp. soletta superiore	0.123	m	spessore medio soletta sopra le ali superiori delle travi
Htot =	1.023	m	altezza totale impalcato
Htot,cls =	1.03	m	altezza totale cls
ntravi,B,rip. =	9	-	numero travi zona ripartizione
yG,travi =	0.45	m	quota baricentro travi
yG,cls =	0.515	m	quota baricentro cls
n	6	-	coeff. di omogeneizzazione
Atrave =	37100	mm ²	Area trave
Atravi =	333900	mm ²	Area travi nella zona di ripartizione
Acls,lorda =	4.092	m ²	Area lorda cls
Acls,netta =	3.758	m ²	Area netta cls
Jtrave =	4.90E+09	mm ⁴	momento d'inerzia trave
Jtravi =	4.41E+10	mm ⁴	momento d'inerzia travi (rispetto a yG,travi)
Jcls =	0.364	m ⁴	momento d'inerzia cls (rispetto a yG,cls)
A_om_cls =	5.76	m ²	area soletta + travi omogeneizzate a cls
yG_om_cls =	0.492	m	quota baricentro soletta + travi omogeneizzate
J'soletta =	0.634	m ⁴	inerzia soletta + travi omogeneizzate a cls
Ecm =	33643	MPa	Modulo elastico di progetto

9.2.1 PRIMA FREQUENZA PROPRIA DELL'IMPALCATO

Per controllare l'affidabilità del coefficiente di incremento dinamico ϕ_3 assunto nei calcoli si vuole accertare che la frequenza propria n_0 dell'impalcato sia contenuta all'interno del fuso in fig. 5.2.7 della NTC2008 e che si riporta di seguito per chiarezza espositiva:

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



un limite superiore pari a:

$$n_0 = 94,76 \cdot L^{-0,748} \quad (5.2.2)$$

un limite inferiore pari a:

$$n_0 = 80/L \quad \text{per } 4 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m} \quad (5.2.3)$$

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

p1,g1	352.3 kN/m	peso proprio (intero impalcato)
p1,g2	180.6 kN/m	carichi permanenti (intero impalcato)
p1	533.0 kN/m	totale pp+perm. (intero impalcato)
ntravi,B,rip. =	9 -	numero travi nella zona di ripartizione
ntravi =	24 -	numero totale travi
p'1	199.9 kN/m	totale pp+perm. (su Brip.)
Lc =	17.10 m	luce impalcato (asse appoggi)
$\delta_0 = 5/384 \times p'1 \times L^4 / EJ =$	10.43 mm	freccia massima per p'1,perm
$n_0 = 17.75 / \sqrt{\delta_0} =$	5.50 Hz	stima prima frequenza flessionale
$n_0, \text{inf} = 23.58 \times L_c^{-0.592} =$	4.39 Hz	frequenza limite inferiore per L=Lc
$n_0, \text{sup} = 94.76 \times L_c^{-0.748} =$	11.33 Hz	frequenza limite superiore per L=Lc
test	OK	$n_0, \text{inf} < n_0 < n_0, \text{sup}$

9.2.2 FRECCIA SOTTO I CARICHI ACCIDENTALI DINAMIZZATI LM71

Di seguito si riporta la valutazione della freccia massima per effetto del carico LM71 dinamizzato.

$p2,eq.flett =$	289.0 kN/m	eq. Flettente LM71+SW/2 (2 binari)
$\phi3 =$	1.279 -	coeff. dinamico
$p'2,eq.flett =$	369.7 kN/m	$\phi3 \times p2,eq.flett$
$\delta LM71+SW/2 (2 binari) =$	15.08 mm	freccia in mezzeria
$\delta LIM =$	28.5 mm	freccia limite (L/600)
$\delta < \delta LIM$	OK -	verifica soddisfatta
$\delta / \delta LIM =$	0.53 -	

9.2.3 COMFORT DEI PASSEGGERI

Si esegue la verifica al comfort dei passeggeri:

$p2,eq.flett =$	139.0 kN/m	eq. Flettente LM71 (1 binario)
$\phi3 =$	1.279 -	coeff. dinamico
$p'2,eq.flett =$	177.8 kN/m	$\phi3 \times p2,eq.flett$
$\delta LM71 (1 binario) =$	7.25 mm	freccia in mezzeria
$\delta LIM comfort =$	17.1 mm	freccia limite (L/1000)
$\delta < \delta LIM comfort$	OK -	verifica soddisfatta
$\delta / \delta LIM comfort =$	0.42 -	

9.2.4 ROTAZIONE DEGLI APPOGGI

Di seguito si riporta la valutazione della rotazione massima degli appoggi.

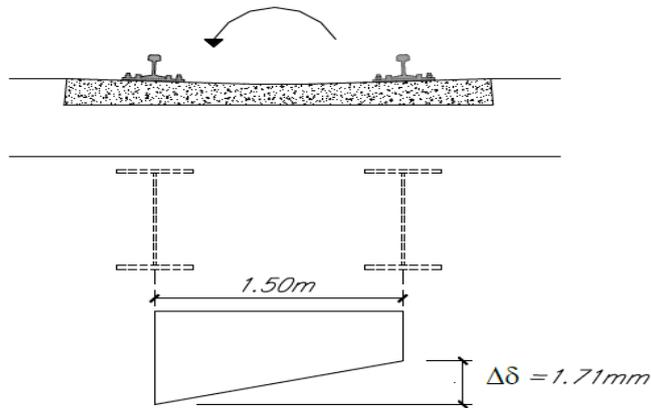
$\theta_{LM71} = 1/24 \times p \times L^3 / EJ$	0.0017 rad	rotazione per LM71 dinamizzato
ΔT	10 °C	variazione termica lineare nello spessore
α	1.20E-05 1/°C	coeff. di dilatazione termica dell'acciaio
SSn	1.203 m	altezza impalcato minima
$\theta_{\Delta T} = (\alpha \times \Delta T / SSn) \times L/2$	0.0009 rad	rotazione per variazione termica
$\theta_{tot} =$	0.0026 rad	rotazione totale
$H =$	1233 mm	altezza del piano di regolamento del ballast rispetto al centro di rotazione degli apparecchi di appoggio
$\theta_{LIM} =$	0.0078 rad	rotazione limite ($8/H$ rad, con H in [mm])
$\theta < \theta_{LIM}$	OK -	verifica soddisfatta
$\theta / \theta_{LIM} =$	0.33 -	

Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	47 di 66

9.2.5 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 3.00m dall'appoggio considerando una distribuzione trasversale degli abbassamenti di tipo lineare.



L'incremento e decremento Δp del carico prodotti sulle due travi considerate da tali effetti si valuta ipotizzando la flessione su una striscia unitaria trasversale di impalcato avente sezione $b \times h$ e momento d'inerzia J' .

$i =$	0.42 m	interasse travi
$d = 1.5/2 =$	0.75 m	braccio trave di bordo
$Brip. =$	4 m	larghezza di ripartizione
h	0.9 m	altezza travi
$J = h \times Brip.^3 / 12 =$	4.80 m ⁴	inerzia
$\alpha = d \times i / J =$	0.066 1/mq	

$$\Delta p = \alpha \times m t$$

Centrifuga

$\Delta p_5 = \alpha \times m t_5 =$	0.066	21.9	1.4 kN/m	effetto flettente
--------------------------------------	-------	------	----------	-------------------

Eccentricità del carico LM71

$\Delta p_6 = \alpha \times \phi_3 \times m t_6 =$	0.084	11.1	0.9 kN/m	effetto flettente
--	-------	------	----------	-------------------

Effetto della sopraelevazione

$\Delta p_7 = \alpha \times m t_7 =$	-0.066	26.2	-1.7 kN/m	effetto flettente
--------------------------------------	--------	------	-----------	-------------------

Vento su treno

$\Delta p_8 = \alpha \times m t_8 =$	0.066	41.1	2.7 kN/m	eff. flett. e tagl.
--------------------------------------	-------	------	----------	---------------------

Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	48 di 66

Serpeggio

$\Delta p_9 = \alpha/L \times mt_9 =$ 0.004 154.0 0.6 kN/m eff. flett. e tagli.

$\Delta p_{tot} =$ 3.9 kN/m

$\beta = a \times b / L^2 (1 + a \times b / L^2) =$	0.166 -	coeff. per la valutazione dell'abbassamento della trave di bordo
$a =$	3.00 m	distanza punto di controllo dall'appoggio
$b =$	14.10 m	distanza punto di controllo dall'appoggio opposto
$L =$	17.10 m	luce impalcato (asse appoggi)
$J = J_{soletta} / n_{travi, B, rip.} =$	0.070 m ⁴	inerzia della trave di bordo (incluso cls)
$\delta_0 = 1/24 \times \Delta p \times L^4 / EJ \times \beta =$	0.98 mm	freccia massima per Δp_{tot}

$t = 2 \times \delta_0 =$	1.96 mm	sghembo massimo
$t_{lim} =$	3.0 mm	valore limite secondo 1.8.3.2.2.2
$t / t_{lim} =$	0.65	verifica soddisfatta

OK

10 VERIFICA DELLO SBALZO TRASVERSALE

Di seguito è riportata la valutazione delle sollecitazioni e le verifiche relative allo sbalzo laterale dell'impalcato, effettuate sulla base dell'analisi dei carichi precedentemente effettuata e relativamente alle combinazioni di carico di seguito specificate.

Geometria

L =	1.67 m	luce dello sbalzo
s =	0.39 m	spessore soletta (sezione di incastro)
b marciap =	0.85 m	larghezza marciapiedi
b cordolo =	0.82 m	larghezza cordolo di estremità
h cordolo =	0.11 m	altezza cordolo di estremità

Peso proprio e permanenti	Volume	peso spec	QV	e	M	γ	ψ_0	ψ_1	ψ_2
	[m ³]	[kN/m ³]	[kN/ml]	[m]	[kNm/ml]	-	-	-	-
Peso proprio sbalzo	0.651	25	16.2825	0.835	13.6	1.35	-	-	-
Peso proprio cordolo	0.090	25	2.255	1.26	2.8	1.35	-	-	-
Canaletta	-	-	-	-	-	1.5	-	-	-
Veletta	-	-	1.5	1.67	2.5	1.5	-	-	-
Barriera a.r.	-	-	20.2	1.26	25.5	1.5	-	-	-

Variabili	q	L	QV	e	M	γ	ψ_0	ψ_1	ψ_2
	[kN/m ²]	[m]	[kN/ml]	[m]	[kNm/ml]	-	-	-	-
Carico marciapiedi	10.0	0.85	8.5	0.425	3.6	1.5	0.8	0.8	0

	q	h	QH	e	M	γ	ψ_0	ψ_1	ψ_2
	[kN/m ²]	[m]	[kN/ml]	[m]	[kNm/ml]	-	-	-	-
Vento	2.62	5.05	13.21	2.72	35.9	1.5	0.6	0.5	0
Sovrappressione	0.25	5.05	1.26	2.72	3.4	1.5	0.8	0.5	0

Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	50 di 66

Combinazioni

	SLU		RARA		FREQUENTE		Q. PERMANENTE	
	comb 1	comb 2	comb 3	comb 4	comb 5	comb 6	comb 7	comb 8
Peso proprio	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
Cordolo	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
Canaletta	1.5	1.5	1	1	1	1	1	1
Veletta	1.5	1.5	1	1	1	1	1	1
Barriera a.r.	1.5	1.5	1	1	1	1	1	1
Carico marciapiedi	1.5	1.2	1	0.8	0.8	0	0	0
Vento	0.9	1.5	0.6	1	0	0.5	0	0
Sovrappressione	1.2	1.5	0.8	1	0	0.5	0	0

Sollecitazioni combinate

	SLU		RARA		FREQUENTE		Q. PERMANENTE	
	comb 1	comb 2	comb 3	comb 4	comb 5	comb 6	comb 7	comb 8
QH [kN/ml]	13	22	9	14	0	7	0	0
M [kNm/ml]	-106	-128	-72	-87	-47	-64	-44	-44
QV [kN/ml]	70	68	49	47	47	40	40	40

Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	51 di 66

10.1 VERIFICA A FLESSIONE

La sezione è armata con $\phi 14/10$ superiori e $\phi 12/20$ inferiori.

$A_{sup} = 15.39 \text{ cm}^2$

$A_{inf} = 5.65 \text{ cm}^2$

Si ottiene:

Med	-128	kNm
MRd	-190.7	kNm
FS	1.50	-

Verifica C.A. S.L.U. - File: sbalzo_100x36_L17.5m

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: []

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	39	1	15.39	6
			2	5.65	33

Tipologia sezione: Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

Materiali: B450C C32/40

ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200'000 N/mm²	f_{cd}	18.13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12.25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.7333
		τ_{c1}	2.114

M_{xRd} -190.7 kNm

σ_c	-18.13	N/mm²	
σ_s	391.3	N/mm²	
ϵ_c	3.5	‰	
ϵ_s	20.65	‰	
d	33	cm	
x	4.783	x/d	0.1449
		δ	0.7

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L_o 0 cm Col. modello

Precompresso

Verifica soddisfatta.

10.2 VERIFICA A TAGLIO

Non è necessaria armatura resistente a taglio.

classe cls	Rck	40	N/mm ²
resist. Caratteristica cilindrica	fck	33	N/mm ²
	fcd	19	
coeff. parziale	γc	1.5	
larghezza membratura resistente a V	bw	1000	mm
altezza membratura resistente a V	H	390	mm
altezza utile	d	351	mm
area della sezione	Asez	351000	mm ²
diametro ferro longitudinale teso	φl	14	mm
area armatura	Asl	153.9	mm ²
	strato	1	
	passo	100	mm
	nf/strato	10	
area armatura totale	Af tot	1539.4	mm ²
percentuale di armatura	ρl	0.0043	
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
	scp	0.00	N/mm ²
	k	1.75	
	vmin	0.47	
taglio resistente	Vrd1	178	kN
	Vrd2	163	kN

taglio sollecitante	Ved	70	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	g_{Rd}	1	
	Vrd	172	kN

Ved < Vrd

verifica

Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	53 di 66

10.3 VERIFICA A FESSURAZIONE

Si controlla che in combinazione SLE la verifica di apertura delle fessure per il calcestruzzo sia soddisfatta.

M SLE = - 64 kNm

INPUT	
B sez	1000 mm
h sez	390 mm
y ferro	44 mm
Φ (barre)	14 mm
n.barre	10 -
cls C	40 MPa
x AN	99.78 mm
σs	140.9 MPa
kt	0.6 -
k1	0.8 -
k2	0.5 -
k3	3.4 -
k4	0.425 -

OUTPUT	
diff. def. armature-cls	
ε sm - ε cm	4.10E-04 -
distanza max fessure	
s r, max	2.75E+02 mm
ampiezza fessure:	
wk	0.1130 mm
LIMITE	0.20 mm
Sez. verificata	

Verifica C.A. S.L.U. - File: sbalzo_100x36_L17.5m

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	39

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.39	6
2	5.65	33

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N Ed 0 kN
M xEd 0 kNm
M yEd 0

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls Coord.[cm]
xN 0 yN 0

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Materiali: B450C C32/40

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 18.13
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
τ_{c1} 2.114

σ_c -4.072 N/mm²
σ_s 140.9 N/mm²

Verifica

ε_s 0.7047 ‰
d 33 cm
x 9.978 x/d 0.3024
δ 0.8179

N° iterazioni: 4

Precompresso

11 AZIONI SUGLI APPOGGI

Sotto le travi della fascia centrale dell'impalcato si dispongono appoggi fissi da un lato e unidirezionali longitudinali dal lato opposto. Sulle rimanenti travi sono previsti appoggi di tipo multidirezionale.

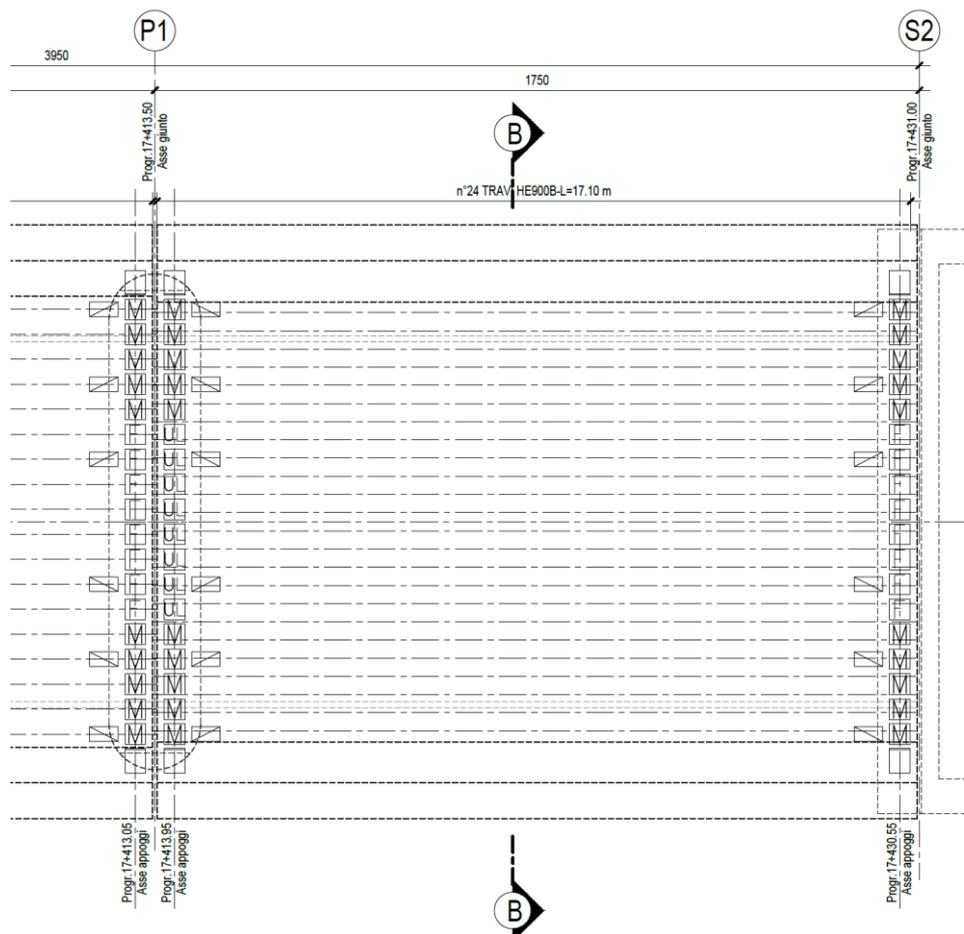


Figura 8 – Pianta impalcato – schema appoggi

Schema appoggi	Dx (Pila 1)	Sx (Spalla 2)	tot
	Mobile	Fissa	
fissi (F)	0	8	8
unid long (U)	8	0	8
multid (M)	16	16	32
TOT 1 fila	24	24	48

Di seguito si riportano le azioni elementari sulle diverse tipologie di appoggi secondo le combinazioni di carico.

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	55 di 66

Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione di calcolo delle sottostrutture dell'opera in esame.

Azioni statiche e sismiche

Massa sismica longitudinale totale 10666 kN

Massa sismica verticale e trasversale totale 5333 kN

Accelerazione sismica orizzontale 0.314 g

Accelerazione sismica verticale 0.195 g

Rz_sism 1040 kN

R long_sism 3349 kN

R trasv_sism 1675 kN

masse tot impalcato G1 6166 kN

G2 3161 kN

LM71+SW/2 6697 kN

tot. 16024 kN

	Rz	R long	R trasv	e	M trasv
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[kNm]
peso proprio	3083	0	0	0.0	0
perman portati (incluso ballast)	1580	0	0	0.0	0
vento	0	0	142	3.45	490
resistenza parassita vincoli	0	961	0	0.0	0
sismica long (Ex+0.3*Ey+0.3*Ez)	312	3349	502	0.5	226
sismica trasv (0.3*Ex+Ey+0.3*Ez)	312	1005	1675	0.5	754
sismica vert (0.3*Ex+0.3*Ey+Ez)	1040	1005	502	0.5	226

Coeff. Attrito appoggi = 0.06

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	56 di 66

Solo LM71	gruppo 1							gruppo 3								
	Rz kN	R long kN	R trasv kN	e vert m	e orizz LM71 m	e orizz SW/2 m	coeff -	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	coeff -	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm
LM71 dinam.	1636	0	0	0	2		1	1636	0	0	3272	1	1636	0	0	3272
Frenatura+avv	69	635	0	1.85	2		0.5	34	318	0	69	1	69	635	0	137
Centrifuga	0	0	147	1.85			1	0	0	147	273	0.5	0	0	74	136
Serpeggio	0	0	55	1.85			1	0	0	55	102	0.5	0	0	28	51

gruppo 1							gruppo 3								
Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm
gr1, LM71	1670	318	202	3715	r3, LM71	1705	635	101	3597						
(M-)gr1, LM71	1670	318	202	-3170	r3, LM71	1705	635	101	-3324						
MAX	1670					1705									

Solo SW/2	gruppo 1							gruppo 3								
	Rz kN	R long kN	R trasv kN	e vert m	e orizz LM71 m	e orizz SW/2 m	coeff -	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	coeff -	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm
SW/2 dinam.	1640	0	0	0		2	1	1640	0	0	3281	1	1640	0	0	3281
Frenatura+avv	66	613	0	1.85		2	0.5	33	306	0	66	1	66	613	0	133
Centrifuga	0	0	65	1.85			1	0	0	65	120	0.5	0	0	32	60
Serpeggio	0	0	50	1.85			1	0	0	50	93	0.5	0	0	25	46

gruppo 1				gruppo 3					
Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm		
gr1, SW/2	1673	306	115	3560	gr3, SW/2	1707	613	57	3519
(M-)gr1, SW/2	1673	306	115	-3319	gr3, SW/2	1707	613	57	-3399
MAX	1673					1707			

LM71+SW/2	gruppo 1							gruppo 3								
	Rz kN	R long kN	R trasv kN	e vert m	e orizz LM71 m	e orizz SW/2 m	coeff -	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	coeff -	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm
LM71	1636	0	0	0	-2		1	1636	0	0	-3272	1	1636	0	0	-3272
SW/2	1640					2	1	1640	0	0	3281	1	1640	0	0	3281
Frenatura+avv	135	1248	0	1.85	-2	2	0.5	67	624	0	270	1	135	1248	0	540
Centrifuga	0	0	295	1.85			1	0	0	295	545	0.5	0	0	147	273
Serpeggio	0	0	110	1.85			1	0	0	110	204	0.5	0	0	55	102

gruppo 1				gruppo 3					
Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm	Rz kN	R long kN	R trasv kN	M trasv kNm		
gr1, LM71+SW/2	3344	624	405	1027	71+SW/2	3411	1248	202	923
(M-)gr1, LM71+SW/2	3344	624	405	1010	71+SW/2	3411	1248	202	906
MAX	3344					3411			

Combinazioni di carico considerate:

COEFFICIENTI COMBINAZIONI	SLU													
	comb 1	comb 2	comb 3	comb 4	comb 5	comb 6	comb 7	comb 8	comb 9	comb 10	comb 11	comb 12	comb 13	comb 14
peso proprio	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
perman non strutturali (incluso ballast)	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
vento	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
resistenza parassita vincoli	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
sismica long (Ex+0.3*Ey+0.3*Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sismica trasv (0.3*Ex+Ey+0.3*Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sismica vert (0.3*Ex+0.3*Ey+Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr1, LM71	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.16
(M-)gr1, LM71	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr3, LM71	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(M-)gr3, LM71	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr1, SW/2	0	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(M-)gr1, SW/2	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0
gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	0
(M-)gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0
gr1, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	1.16	0
(M-)gr1, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0	0
gr3, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0	0
(M-)gr3, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0	0

COEFFICIENTI COMBINAZIONI	SLV					
	comb 15	comb 16	comb 17	comb 18	comb 19	comb 20
peso proprio	1	1	1	1	1	1
perman non strutturali (incluso ballast)	1	1	1	1	1	1
vento	0	0	0	0	0	0
resistenza parassita vincoli	1	1	1	1	1	1
sismica long (Ex+0.3*Ey+0.3*Ez)	1	1	0	0	0	0
sismica trasv (0.3*Ex+Ey+0.3*Ez)	0	0	1	1	0	0
sismica vert (0.3*Ex+0.3*Ey+Ez)	0	0	0	0	1	1
gr1, LM71	0	0	0	0.2	0	0.2
(M-)gr1, LM71	0	0	0	0	0	0
gr3, LM71	0	0.2	0	0	0	0
(M-)gr3, LM71	0	0	0	0	0	0
gr1, SW/2	0	0	0	0	0	0
(M-)gr1, SW/2	0	0	0	0	0	0
gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0
(M-)gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0
gr1, LM71+SW/2	0	0	0.2	0	0	0
(M-)gr1, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0
gr3, LM71+SW/2	0.2	0	0	0	0.2	0
(M-)gr3, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0

COEFFICIENTI COMBINAZIONI	SLE - rara													
	rara 1	rara 2	rara 3	rara 4	rara 5	rara 6	rara 7	rara 8	rara 9	rara 10	rara 11	rara 12	rara 13	rara 14
peso proprio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
perman non strutturali (incluso ballast)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
vento	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
resistenza parassita vincoli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
sismica long (Ex+0.3*Ey+0.3*Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sismica trasv (0.3*Ex+Ey+0.3*Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sismica vert (0.3*Ex+0.3*Ey+Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr1, LM71	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8
(M-)gr1, LM71	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr3, LM71	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(M-)gr3, LM71	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gr1, SW/2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(M-)gr1, SW/2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
(M-)gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
gr1, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.8	0
(M-)gr1, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
gr3, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
(M-)gr3, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IF26 12 E ZZ CL VI0107 001 A 58 di 66

COEFFICIENTI COMBINAZIONI	SLE qp		SEL - freq												
	qp	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	freq 9	freq 10	freq 11	freq 12	freq 13	
peso proprio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
perman non strutturali (incluso ballast)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
vento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	
resistenza parassita vincoli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
sismica long (Ex+0.3*Ey+0.3*Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
sismica trasv (0.3*Ex+Ey+0.3*Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
sismica vert (0.3*Ex+0.3*Ey+Ez)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
gr1, LM71	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(M-)gr1, LM71	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
gr3, LM71	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(M-)gr3, LM71	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
gr1, SW/2	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	
(M-)gr1, SW/2	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	
gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	
(M-)gr3, SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	
gr1, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	
(M-)gr1, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	
gr3, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	
(M-)gr3, LM71+SW/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	

Per le varie combinazioni di carico si ottengono le seguenti reazioni compressive.

	SLU													
	comb 1	comb 2	comb 3	comb 4	comb 5	comb 6	comb 7	comb 8	comb 9	comb 10	comb 11	comb 12	comb 13	comb 14
Rz [kN]	8955	8955	9005	9005	8959	8959	9007	9007	11381	11381	11479	11479	10411	8470
Rz min [kN]	6533	6533	6533	6533	6533	6533	6533	6533	6533	6533	6533	6533	6533	6533
R long [kN]	1903	1903	2363	2363	1886	1886	2330	2330	2347	2347	3251	3251	2166	1811
R trasv [kN]	421	421	275	275	295	295	211	211	715	715	421	421	683	448
M trasv [kNm]	5829	-4155	5657	-4379	5603	-4371	5545	-4487	1931	1906	1779	1755	1927	5045

	SLV					
	comb 15	comb 16	comb 17	comb 18	comb 19	comb 20
Rz [kN]	5658	5316	5644	5309	6386	6037
Rz min [kN]	4351	4351	4351	4351	3623	3623
R long [kN]	4560	4438	2091	2030	2216	2030
R trasv [kN]	543	523	1756	1715	543	543
M trasv [kNm]	411	945	959	1497	411	969

	SLE - rara													
	rara 1	rara 2	rara 3	rara 4	rara 5	rara 6	rara 7	rara 8	rara 9	rara 10	rara 11	rara 12	rara 13	rara 14
Rz [kN]	6334	6334	6368	6368	6337	6337	6370	6370	8007	8007	8075	8075	7338	6000
Rz min [kN]	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663
R long [kN]	1279	1279	1597	1597	1268	1268	1574	1574	1585	1585	2209	2209	1461	1216
R trasv [kN]	288	288	186	186	200	200	143	143	490	490	288	288	466	304
M trasv [kNm]	4010	-2876	3891	-3030	3854	-3025	3814	-3105	1321	1305	1217	1200	1312	3463

	SLE qp		SEL - freq												
	qp	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	freq 9	freq 10	freq 11	freq 12	freq 13	
Rz [kN]	4663	6000	6000	6027	6027	6002	6002	6029	6029	7338	7338	7392	7392	4663	
Rz min [kN]	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663	4663	
R long [kN]	961	1216	1216	1470	1470	1206	1206	1451	1451	1461	1461	1960	1960	961	
R trasv [kN]	0	162	162	81	81	92	92	46	46	324	324	162	162	71	
M trasv [kNm]	0	2972	-2536	2877	-2659	2848	-2655	2816	-2719	822	808	738	725	245	

Il momento trasversale comporta la nascita di reazioni verticali di "tira e spingi", valutate in base alle eccentricità dei dispositivi di appoggio rispetto all'asse dell'impalcato.

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	59 di 66

FILA FISSA

numero appoggi fissi 8

numero appoggi unidirezionali 0

numero appoggi multidirezionali 16

num totale appoggi fila 24

numero appoggi fissi trasv 4

appoggio	e trasv	tipo	e^2	e app F
1	-4.83	M	23.33	0
2	-4.41	M	19.45	0
3	-3.99	M	15.92	0
4	-3.57	M	12.74	0
5	-3.15	M	9.92	0
6	-2.73	M	7.45	0
7	-2.31	M	5.34	0
8	-1.89	M	3.57	0
9	-1.47	F	2.16	-1.47
10	-1.05	F	1.10	-1.05
11	-0.63	F	0.40	-0.63
12	-0.21	F	0.04	-0.21
13	0.21	F	0.04	0.21
14	0.63	F	0.40	0.63
15	1.05	F	1.10	1.05
16	1.47	F	2.16	1.47
17	1.89	M	3.57	0
18	2.31	M	5.34	0
19	2.73	M	7.45	0
20	3.15	M	9.92	0
21	3.57	M	12.74	0
22	3.99	M	15.92	0
23	4.41	M	19.45	0
24	4.83	M	23.33	0
INTERASSE APPOGGI	4.83		202.86	1.47

interasse travi

0.42	m
------	---

Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	60 di 66

FILA MOBILE

numero appoggi fissi	0
numero appoggi unidirezionali	8
numero appoggi multidirezionali	16
num totale appoggi fila	24
numero appoggi fissi trasv	4

appoggio	e trasv	tipo	e^2	e app U	e app M
1	-4.83	M	23.33	0	-4.83
2	-4.41	M	19.45	0	-4.41
3	-3.99	M	15.92	0	-3.99
4	-3.57	M	12.74	0	-3.57
5	-3.15	M	9.92	0	-3.15
6	-2.73	M	7.45	0	-2.73
7	-2.31	M	5.34	0	-2.31
8	-1.89	M	3.57	0	-1.89
9	-1.47	U	2.16	-1.47	0
10	-1.05	U	1.10	-1.05	0
11	-0.63	U	0.40	-0.63	0
12	-0.21	U	0.04	-0.21	0
13	0.21	U	0.04	0.21	0
14	0.63	U	0.40	0.63	0
15	1.05	U	1.10	1.05	0
16	1.47	U	2.16	1.47	0
17	1.89	M	3.57	0	1.89
18	2.31	M	5.34	0	2.31
19	2.73	M	7.45	0	2.73
20	3.15	M	9.92	0	3.15
21	3.57	M	12.74	0	3.57
22	3.99	M	15.92	0	3.99
23	4.41	M	19.45	0	4.41
24	4.83	M	23.33	0	4.83
	1.47		202.86	1.47	4.83

interasse travi

0.42	m
------	---

Si ottengono, di conseguenza, i seguenti scarichi per il singolo dispositivo di appoggio:

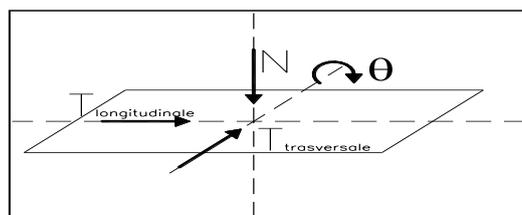
APPOGGI FISSI	SLU													
	Comb.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rz max [kN]	415	343	416	343	414	342	415	343	488	488	491	491	448	389
Rz min [kN]	230	302	231	304	232	304	232	305	258	258	259	259	258	236
R long [kN]	238	238	295	295	236	236	291	291	293	293	406	406	271	226
R trasv [kN]	105	105	69	69	74	74	53	53	179	179	105	105	171	112
Comb.	SLV													
	15	16	17	18	19	20								
Rz max [kN]	239	228	242	232	269	259								
Rz min [kN]	178	174	174	170	148	144								
R long [kN]	570	555	261	254	277	254								
R trasv [kN]	136	131	439	429	136	136								
Comb.	SLE - rara													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Rz max [kN]	293	243	294	243	292	242	293	243	343	343	345	345	315	275
Rz min [kN]	152	224	153	226	154	226	154	227	180	180	181	182	180	158
R long [kN]	160	160	200	200	158	158	197	197	198	198	276	276	183	152
R trasv [kN]	72	72	47	47	50	50	36	36	123	123	72	72	116	76
Comb.	SLE qp		SEL - freq											
	qp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rz max [kN]	194	272	232	272	232	271	231	272	231	312	312	313	313	196
Rz min [kN]	191	187	187	183	191	187	165	215	166	216	166	216	167	217
R long [kN]	120	152	152	184	184	151	151	181	181	183	183	245	245	120
R trasv [kN]	0	40	40	20	20	23	23	11	11	81	81	40	40	18

APPOGGI UNIDIREZ	SLU													
	Comb.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rz max [kN]	415	343	416	343	414	342	415	343	488	488	491	491	448	389
Rz min [kN]	230	302	231	304	232	304	232	305	258	258	259	259	258	236
R long [kN]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R trasv [kN]	105	105	69	69	74	74	53	53	179	179	105	105	171	112
Comb.	SLV													
	15	16	17	18	19	20								
Rz max [kN]	239	228	242	232	269	259								
Rz min [kN]	178	174	174	170	148	144								
R long [kN]	0	0	0	0	0	0								
R trasv [kN]	136	131	439	429	136	136								
Comb.	SLE - rara													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Rz max [kN]	293	243	294	243	292	242	293	243	343	343	345	345	315	275
Rz min [kN]	152	224	153	226	154	226	154	227	180	180	181	182	180	158
R long [kN]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R trasv [kN]	72	72	47	47	50	50	36	36	123	123	72	72	116	76
Comb.	SLE qp		SEL - freq											
	qp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rz max [kN]	194	272	232	272	232	271	231	272	231	312	312	313	313	196
Rz min [kN]	191	187	187	183	191	187	165	215	166	216	166	216	167	217
R long [kN]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R trasv [kN]	0	40	40	20	20	23	23	11	11	81	81	40	40	18

Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	63 di 66

11.1 RIEPILOGO SCARICHI APPOGGI

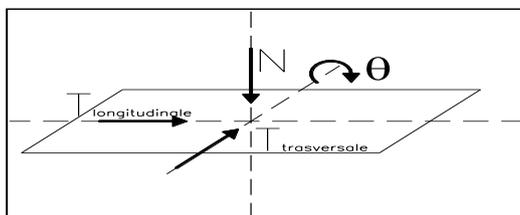


APPOGGIO FISSO							
Reazioni degli apparecchi di appoggio							
	max N	min N	max Tlong	min Tlong	max Ttrasv	min Ttrasv	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
Azioni (valori caratteristici)							
permanenti G	peso proprio	128	128	0	0	0	0
	perman non str (incluso ballast)	66	66	0	0	0	0
variabili Q	vento	4	0	0	0	36	0
	resistenza parassita vincoli	0	0	0	0	0	0
	gr1, LM71	97	0	40	0	51	0
	(M-)gr1, LM71	47	0	40	0	51	0
	gr3, LM71	97	0	79	0	25	0
	(M-)gr3, LM71	47	0	79	0	25	0
	gr1,SW/2	96	0	38	0	29	0
	(M-)gr1, SW/2	46	0	38	0	29	0
	gr3,SW/2	97	0	77	0	14	0
	(M-)gr3, SW/2	46	0	77	0	14	0
	gr1, LM71+SW/2	147	0	78	0	101	0
	(M-)gr1, LM71+SW/2	147	0	78	0	101	0
	gr3, LM71+SW/2	149	0	156	0	51	0
	(M-)gr3, LM71+SW/2	149	0	156	0	51	0
SLU	N max	600	-	-	-	-	-
	N min	-	200	-	-	-	-
	Tl max	-	-	450	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	200	-
SLE	N max	350	-	-	-	-	-
	N min	-	150	-	-	-	-
	Tl max	-	-	300	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	150	-
SLV	N max	300	-	-	-	-	-
	N min	-	100	-	-	-	-
	N min (*)	-	170	-	-	-	-
	Tl max	-	-	600	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	500	-

(*) Nmin per Fh max

Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	64 di 66



APPOGGIO UNIDIREZIONALE LONG.

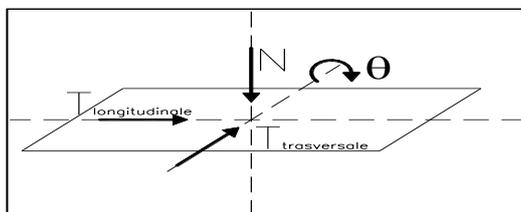
Reazioni degli apparecchi di appoggio

Azioni (valori caratteristici)		max N	min N	max Tlong	min Tlong	max Ttrasv	min Ttrasv
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
permanenti G	peso proprio	128	128	-	-	-	-
	perman non str (incluso ballast)	66	66	-	-	-	-
variabili Q	vento	4	0	-	-	36	0
	resistenza parassita vincoli	0	0	-	-	0	0
	gr1, LM71	97	0	-	-	51	0
	(M-)gr1, LM71	47	0	-	-	51	0
	gr3, LM71	97	0	-	-	25	0
	(M-)gr3, LM71	47	0	-	-	25	0
	gr1,SW/2	96	0	-	-	29	0
	(M-)gr1, SW/2	46	0	-	-	29	0
	gr3,SW/2	97	0	-	-	14	0
	(M-)gr3, SW/2	46	0	-	-	14	0
	gr1, LM71+SW/2	147	0	-	-	101	0
	(M-)gr1, LM71+SW/2	147	0	-	-	101	0
	gr3, LM71+SW/2	149	0	-	-	51	0
	(M-)gr3, LM71+SW/2	149	0	-	-	51	0
SLU	N max	600	-	-	-	-	-
	N min	-	200	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	200	-
SLE	N max	350	-	-	-	-	-
	N min	-	150	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	150	-
SLV	N max	300	-	-	-	-	-
	N min	-	100	-	-	-	-
	N min (*)	-	170	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	500	-

(*) Nmin per Fh max

Impalcato a travi incorporate per doppio binario
L=17,50m - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0107 001	A	65 di 66



APPOGGIO MULTIDIREZIONALE

Reazioni degli apparecchi di appoggio

		max N	min N	max Tlong	min Tlong	max Ttrasv	min Ttrasv
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
Azioni (valori caratteristici)							
permanenti G	peso proprio	128	128	-	-	-	-
	perman non str (incluso ballast)	66	66	-	-	-	-
variabili Q	vento	12	0	-	-	-	-
	resistenza parassita vincoli	0	0	-	-	-	-
	gr1, LM71	158	0	-	-	-	-
	(M-)gr1, LM71	-6	0	-	-	-	-
	gr3, LM71	157	0	-	-	-	-
	(M-)gr3, LM71	-8	0	-	-	-	-
	gr1,SW/2	154	0	-	-	-	-
	(M-)gr1, SW/2	-9	0	-	-	-	-
	gr3,SW/2	155	0	-	-	-	-
	(M-)gr3, SW/2	-10	0	-	-	-	-
	gr1, LM71+SW/2	164	0	-	-	-	-
	(M-)gr1, LM71+SW/2	163	0	-	-	-	-
	gr3, LM71+SW/2	164	0	-	-	-	-
	(M-)gr3, LM71+SW/2	164	0	-	-	-	-
SLU	N max	600	-	-	-	-	-
	N min	-	100	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-
SLE	N max	400	-	-	-	-	-
	N min	-	50	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-
SLV	N max	300	-	-	-	-	-
	N min	-	100	-	-	-	-
	N min (*)	-	170	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-

(*) Nmin per Fh max

	N max (SLU)	N min(SLV)	N min* (Fh_max) (SLV)	Fh max (SLV)
	kN	kN	kN	kN
Fisso	600	100	170	600
Uni	600	100	170	500
Multi	650	100	170	0

12 INCIDENZA

Incidenza soletta:

140 kg/m³