

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

VI06 - Ponte Santa Marta - Ponte campata singola dal km 22+142 al km 22+164

Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo

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

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

I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	C	L	V	I	0	6	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.06.0.7.001.A.docx

n. Elab.:

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>5</b>
2.1	NORMATIVE.....	5
2.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	6
<b>3</b>	<b>MATERIALI.....</b>	<b>7</b>
3.1	CALCESTRUZZO PER IMPALCATO .....	7
3.2	ACCIAIO PER PROFILATI E LAMIERE .....	8
3.3	ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA.....	8
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>CRITERI DI CALCOLO.....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>12</b>
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
6.4.1	AZIONI AERODINAMICHE INDOTTE DAL TRANSITO DEI CONVOGLI.....	25
6.4.2	AZIONI TERMICHE (Q5.2).....	26
6.4.3	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

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo</b>	<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>VI0607 001</td> <td>A</td> <td>4 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	4 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 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 22.0m, previsto in corrispondenza della campata compresa tra spalla S1 e spalla S2 del *Ponte Santa Marta VI06*.

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.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI  RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario  L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo</b>	<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>VI0607 001</td> <td>A</td> <td>5 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	5 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 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*

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0607 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

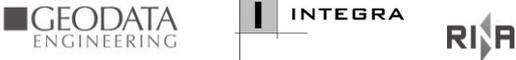
S355 J0

$f_{yk} \geq$	355.00	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	510.00	MPa	Tensione caratteristica di rottura
$\gamma_{m0}$	1.05	-	
$\gamma_{m1}$	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])

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0607 001	REV. A	FOGLIO 9 di 66

## 4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Il viadotto in esame (VI06) è costituito da una campata singola di luce pari a 22.00 m.

L'impalcato oggetto della seguente relazione è costituito da 20 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 14.30m 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 fissa mentre quella indicata con "S2" è la spalla mobile.

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= 1505 m
Velocità di progetto	V <sub>1</sub> = 160 km/h
Sopraelevazione	H= 145 mm
Ponte di categoria	Cat A
Numero binari	nb=2
Lunghezza dell'impalcato di progetto	L <sub>imp</sub> = 22.0 m
Larghezza strutturale dell'impalcato:	B <sub>i</sub> = 11.56 m
Larghezza del ballast	B <sub>b</sub> = 770 cm
Spessore medio del ballast	S <sub>b</sub> = 80 cm
Larghezza di ripartizione per verifiche	B <sub>rs</sub> = 4.0 m
Spessori dell'impalcato (min - max)	S <sub>sn</sub> =120.6 cm - S <sub>sm</sub> =126.3 cm
Profilo delle travi in acciaio	HL1000M
Interasse delle travi	l <sub>p</sub> = 57.7 cm
Numero totale travi	n <sub>pt</sub> = 20

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=22,00m con banchine - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	10 di 66

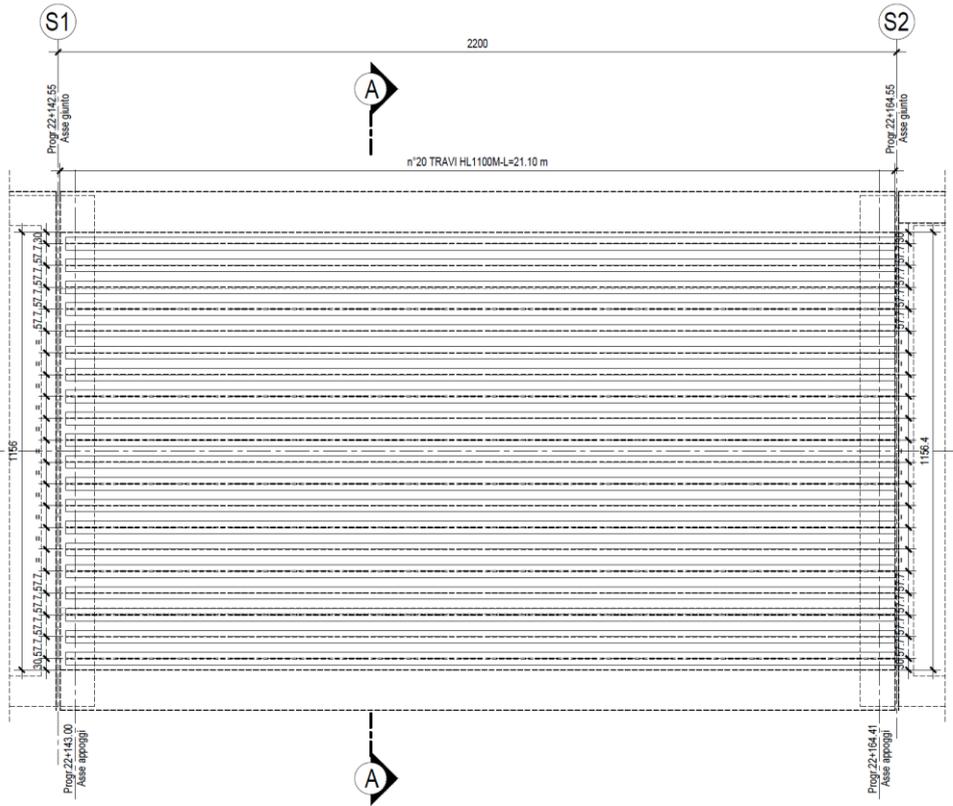


Figura 1 – Pianta impalcato

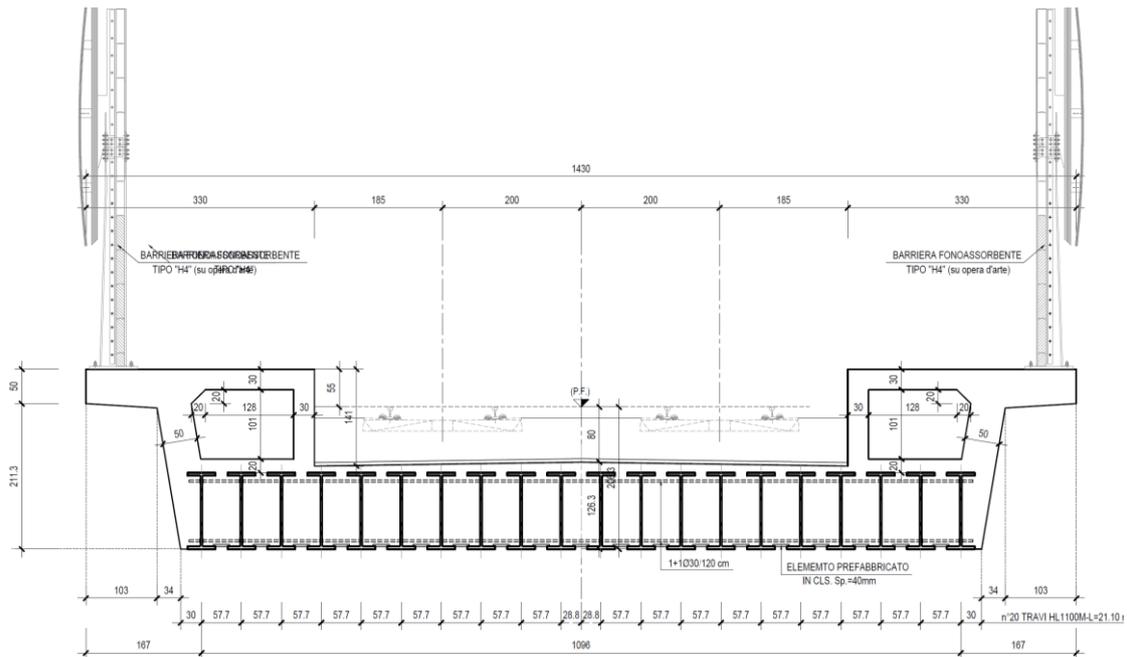


Figura 2 – Sezione trasversale corrente – impalcato L=22m

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0607 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:

$$\mathbf{Nps = Brs/lp = 4.0/0.577 \approx 7}$$

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 <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo armato
A cls	21.78	m <sup>2</sup>	
p trave acc	4.33	kN/m	peso al metro lineare di una trave (HL 1100 M)
A 1 trave	0.055	m <sup>2</sup>	
n travi	20	-	
interasse travi	0.577	m	
n travi 4 m	7	-	
A cavedi	1.41	m <sup>2</sup>	
num cavedi	2	-	
A cls, netta	17.86	m <sup>2</sup>	
P tot travi	86.6	kN/m	
P soletta cls	446.5	kN/m	
<b>g1 tot</b>	<b>533.1</b>	<b>kN/m</b>	

### 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/m<sup>3</sup>, 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 <sup>3</sup>
L trasv	7.7	m
sp. max	0.8	m
<b>g2.1</b>	<b>110.9</b>	<b>kN/m</b>

## 6.2.2 PERMANENTI NON STRUTTURALI GENERICI (G22)

### *Impermeabilizzazione e massetto*

y mass.	21	kN/m <sup>3</sup>
L trasv	7.7	m
sp. max	0.05	m
g2.2a	8.1	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/m<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>
h barriera	5.05	m
num barriere	2	-
g2.5	40.4	kN/m

## 6.2.1 TOTALE PERMANENTI NON STRUTTURALI

g2.1 ballast	110.9	kN/m
g2.2	56.5	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  $\alpha$  e per il coefficiente dinamico  $\phi_3$ . 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.

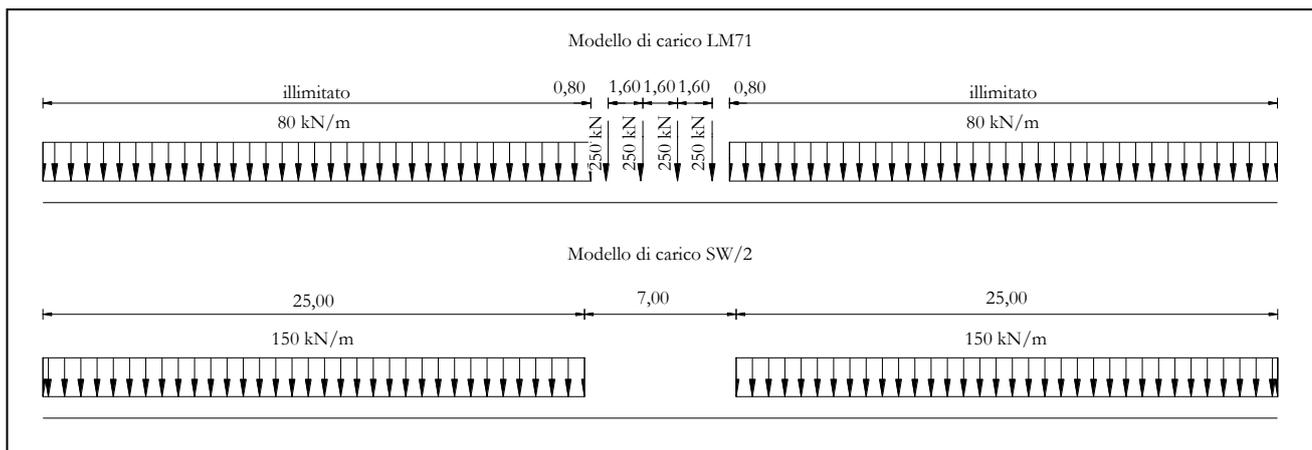


Figura 3 – Modelli di carico teorici LM71 e SW/2

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  $\alpha$  che deve assumersi come da tabella seguente:

Modello di carico	Coefficiente $\alpha$
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  $\Phi$  si assumono pari a  $\Phi_2$  o  $\Phi_3$  in dipendenza dal livello di manutenzione della linea. In particolare si assumerà:

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 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:

$L_\Phi$	21.1	m	$L_c$ = luce travi
$\phi_3$	1.22	-	

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  $\alpha$ .

**LM71**

$\alpha$	1.1	-	
$L_c$	21.1	m	
$L_q$	14.7	m	
$L_Q$	6.4	m	
$q(LM71)$	80	kN/m	
$Q(LM71)$	250	kN	
LM71 equiv. flettente	119.2	kN/m	
LM71 equiv. tagliante	126.7	kN/m	
<b>LM71 equiv. flettente</b>	<b>131.2</b>	<b>kN/m</b>	considerando il coeff. $\alpha$
<b>LM71 equiv. tagliante</b>	<b>139.4</b>	<b>kN/m</b>	considerando il coeff. $\alpha$

**SW/2**

$\alpha$	1	-	
$L_c$	21.1	m	
$L_q$	14.1	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	
<b>LM71 equiv. flettente</b>	<b>150.0</b>	<b>kN/m</b>	considerando il coeff. $\alpha$
<b>LM71 equiv. tagliante</b>	<b>150.0</b>	<b>kN/m</b>	considerando il coeff. $\alpha$

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo</b>	<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>VI0607 001</td> <td>A</td> <td>16 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	16 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	16 di 66								

I carichi considerati nelle analisi e nelle verifiche successive sono i seguenti (i carichi sono già moltiplicati per  $\alpha$  e  $\phi_3$ ):

Q1.1	170.3	kN/m	1 solo binario LM71
Q1.2	150.0	kN/m	1 solo binario SW/2
Q1.3	320.3	kN/m	2 binari: LM71+SW/2
Q1.4	340.6	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  $\alpha$  e **non** devono essere moltiplicati per  $\Phi$ . 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	22.00	m	
Q1a,k	726	kN	avviamento
Q1b,k_LM71	440.0	kN	frenatura LM71
Q1b,k_SW/2	770.0	kN	frenatura SW/2

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo</b>	<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>VI0607 001</td> <td>A</td> <td>17 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	17 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	17 di 66								

<b>Q2.1</b>	<b>1210.0</b>	<b>kN</b>	avv+frenat LM71 (valori moltiplicati per $\alpha$ )
<b>Q2.2</b>	<b>1568.6</b>	<b>kN</b>	avv+frenat SW/2 (valori moltiplicati per $\alpha$ )

### 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	160	km/h
$L_f$	22	m
R	1505	m

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	18 di 66

### LM71

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

#### 1° caso

f **1** -  
V **120** km/h  
 $\alpha$  1.1 -  
Qtk **20.7** kN  
qtk **6.6** kN/m

#### 2° caso

f 0.83 -  
V 160 km/h  
 $\alpha$  **1** -  
Qtk **27.6** kN  
qtk **8.8** kN/m

### SW/2

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

f **1** -  
V **100** km/h  
 $\alpha$  **1** -  
Qtk **0** kN  
qtk **7.8** kN/m

Si ottengono i seguenti carichi equivalenti:

	LM71	SW/2	
q equiv_flettente	13.1	7.8	kN/m
q equiv_tagliante	13.9	7.8	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  $\alpha$  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.

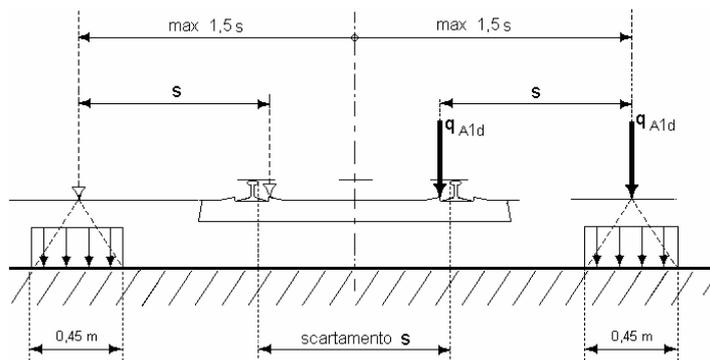


Figura 11 – posizione azioni da deragliamento – caso 1

#### 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.

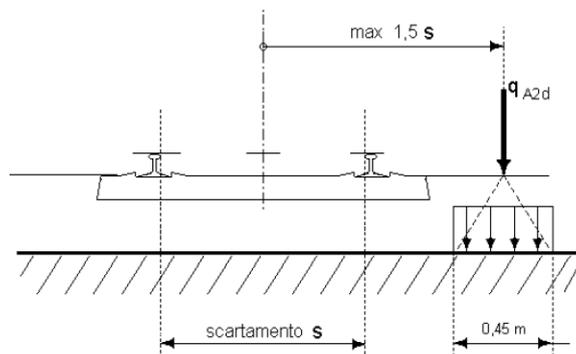


Figura 12 – posizione azioni da deragliamento – caso 2

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

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo</b>	<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;">VI0607 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	VI0607 001	A	20 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 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

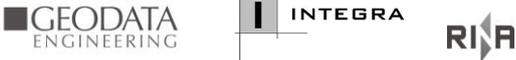
I carichi da traffico ferroviario verranno assemblati tra di loro secondo 3 gruppi di carico: il gruppo 1, 3 e 4.

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	
<b>Gruppo 1</b> (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
<b>Gruppo.2</b> (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
<b>Gruppo 3</b> (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
<b>Gruppo 4</b>	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 ( $\Phi, \alpha$ , 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.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0607 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
  - $\rho$  densità dell'aria, convenzionalmente posta pari a 1,25 kg/m<sup>3</sup>

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

$a_s$ =	40.00	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 <sup>2</sup>
------	-------	------------------

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=22,00m con banchine - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	23 di 66

Quota di riferimento z

H struttura fino a p.f. =	7.60	m
H b.a. su p.f. =	5.05	m
H treno su p.f. =	4.00	m
z di riferimento =	12.65	m

Coefficiente di esposizione

ce =	2.50
------	------

**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  $d_{tot}$ .

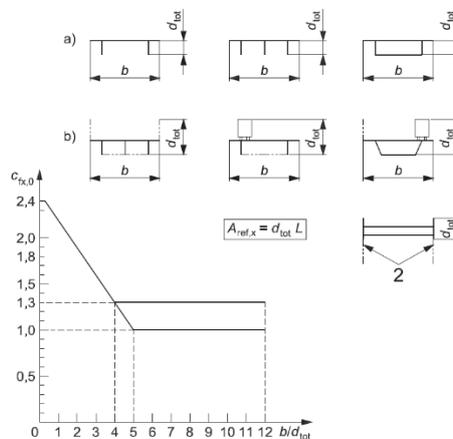


Figura 4 – Correlazione tra il rapporto  $b/d_{tot}$  e coefficiente di forma  $c_{fx,0}$  (figura 8,3 EC1-4)

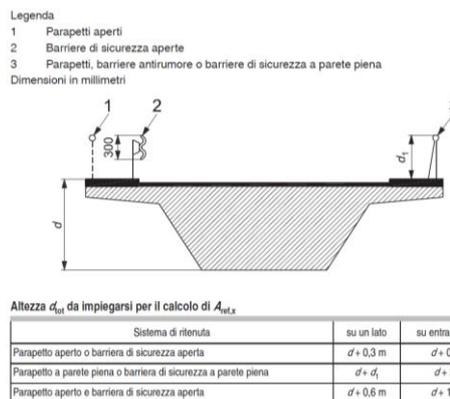
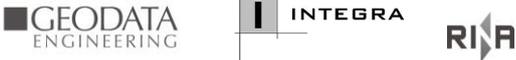


Figura 5 – Criteri per la determinazione dell'area di riferimento (figura 8,5 EC1-4)

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0607 001	REV. A	FOGLIO 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 =	14.3	m
H b.a. su p.f. =	5.05	m
H imp. fino a p.f.	2.06	m
dtot max =	11.11	m
b/dtot =	1.29	
cp, max =	2.05	

**6.4.1.4 AZIONE DEL VENTO DA IMPALCATO**

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 <sup>2</sup>
ce =	2.50	
cp =	2.09	
cd =	1.00	
<b>p = qb · ce · cp · cd =</b>	<b>2.45</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

### 6.4.1 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”].

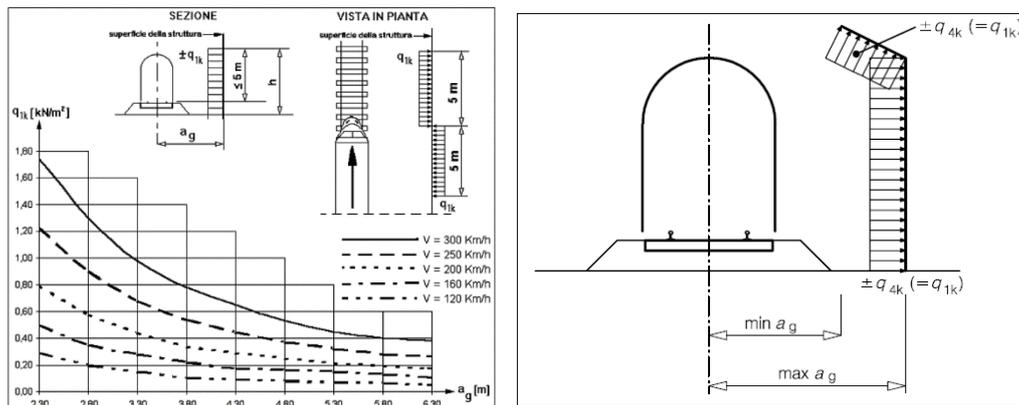


Figura 6 – Valori caratteristici delle azioni e definizione della distanza minima e massima della barriera dal convoglio [NTC – Fig. 5.2.8 e 5.2.11]

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
$V$	160	km/h	
$q_{ak}$	0.20	kN/m <sup>2</sup>	dal grafico
$L_b$	22.0	m	lunghezza barriera
$h_b$	5.05	m	altezza barriera
$y_b$	2.61	m	distanza attacco barriera da intradosso trave
$y_{Gb}$	5.135	m	baricentro barriera da intradosso impalcato

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo</b>	<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>VI0607 001</td> <td>A</td> <td>26 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	26 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	26 di 66								

## 6.4.2 AZIONI TERMICHE (Q5.2)

### 6.4.2.1 VARIAZIONE TERMICA UNIFORME

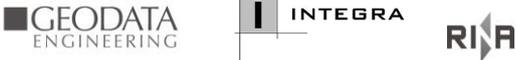
È stata considerata una variazione termica uniforme della struttura pari a  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ .

### 6.4.2.2 VARIAZIONE TERMICA DIFFERENZIALE

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

## 6.4.3 AZIONI DA NEVE (Q5.3)

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

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0607 001	REV. A	FOGLIO 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 sulla spalla mobile per impalcato 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

$$V(G1+G2) = 7705 \quad \text{kN}$$

$$V(Q1\text{max}) = 3747 \quad \text{kN}$$

#### Forza d'attrito risultante per il singolo impalcato

$$f = 0.06$$

$$F\_long\_spalla = 687 \quad \text{kN}$$

Nel caso in esame la fila di appoggi fissi è posizionata sulla spalla 1, mentre la spalla 2 è mobile.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario</b> <b>L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0607 001</td> <td>A</td> <td>28 di 66</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	28 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	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 [°]
41,194	14,555

Strategia di progettazione

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

Per la definizione della categoria di suolo si rimanda all'elaborato progettuale "Ponte S. Marta - Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni" IF2612EZZSZVI0603001A.

#### 6.6.1.1 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO ORIZZONTALE

Tr	1068	anni
ag	0.313	g
Fo	2.341	-
S	1.260	-
TB	0.191	sec
TC	0.572	sec
TD	2.853	sec

### 6.6.1.2 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO VERTICALE

Tr	1068	anni
agv	0.237	g
Fv	1.769	-
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

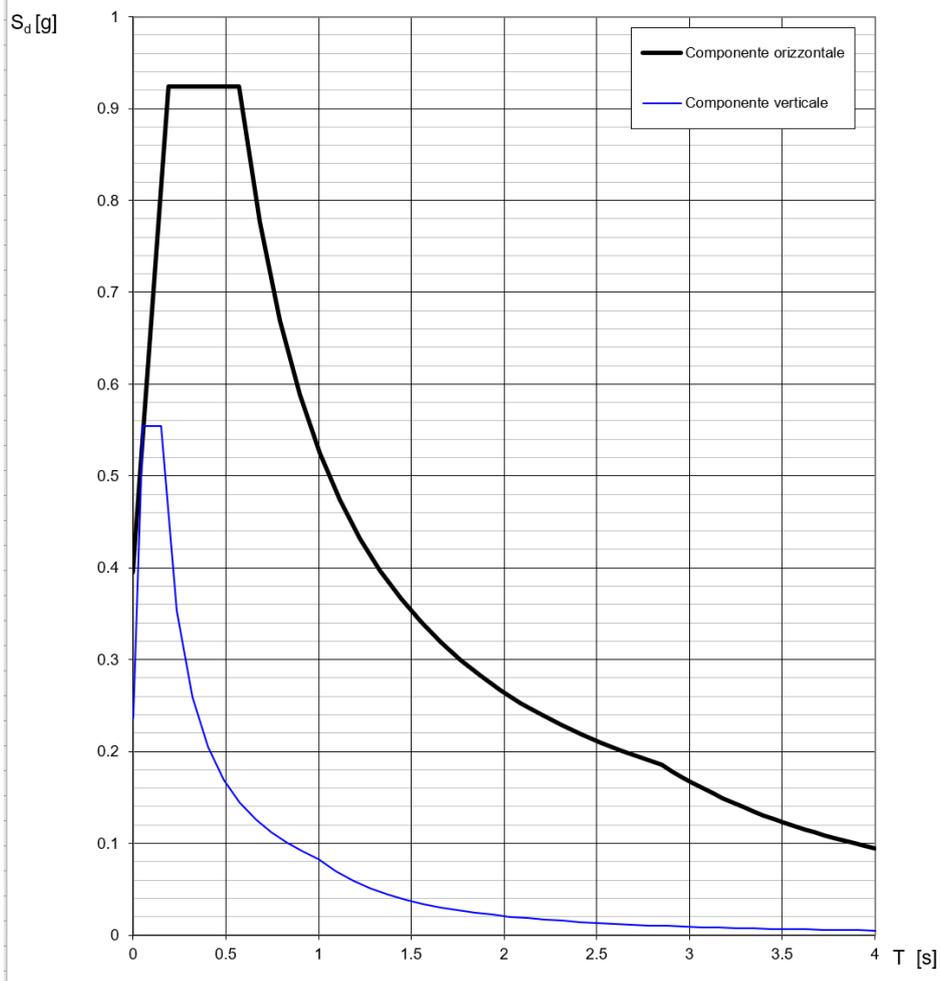
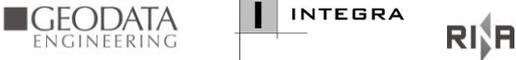


Figura 7 – Spettro elastico allo SLV – Componente orizzontale e verticale

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Impalcato a travi incorporate per doppio binario L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0607 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 ( $\gamma$ ) e di partecipazione ( $\psi$ ) 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 <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	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 <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	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 <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_p$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> 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.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

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

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	$gr_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	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  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	(1)	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(3)</sup>	-	-
	Centrifuga	(2) <sup>(3)</sup>	(2)	(2)
Azione laterale (serpeggio)		1,00 <sup>(3)</sup>	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  $\Psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\Psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tabella 2 – Coefficienti di combinazione  $\psi$  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 ( $\Phi, \alpha$ , 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=22,00m con banchine - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 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			
	$\gamma$	$\gamma_{gr1}$	$\psi_{01}$	coeff
<b>Azione</b>				
<b>Peso proprio</b>	1.35	-	-	1.35
<b>Sovraccarichi permanenti</b>	1.5	-	-	1.5
<b>LM71 dinamizzato</b>	1.45	1	-	1.45
<b>Eccentricità del carico LM71</b>	1.45	1	-	1.45
<b>Effetto della sopraelevazione</b>	1.45	1	-	1.45
<b>Frenatura/Avviamento</b>	1.45	0.5	-	0.725
<b>Centrifuga</b>	1.45	1	-	1.45
<b>Serpeggio</b>	1.45	1	-	1.45
<b>Vento</b>	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 7 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	533.1	21.10	20	7	10384	kNm
V1,1	533.1	21.10	20	7	1968	kN
R1,1	533.1	21.10	20	7	1968	kN

##### Sovraccarichi permanenti

	q [kN/m]	l [m]	num travi tot	n_tr_4m		
M1,2	167.4	21.10	20	7	3260	kNm
V1,2	167.4	21.10	20	7	618	kN
R1,2	167.4	21.10	20	7	618	kN

##### Variabili ferroviari

<u>LM71</u>	$\psi$	$\alpha q$ [kN/m]	l [m]	num travi tot	n_tr_4m		
M2 (conf. 1)	1.222	131.2	21.10	20	7	8917	kNm
V2 (conf. 2)	1.222	139.4	21.10	20	7	1797	kN
R2 (conf. 2)	1.222	139.4	21.10	20	7	1797	kN

<u>SW/2</u>	$\psi$	$\alpha q$ [kN/m]	l [m]	num travi tot	n_tr_4m		
M2	1.222	150.0	21.10	20	7	10198	kNm
V2	1.222	150.0	21.10	20	7	1933	kN
R2	1.222	150.0	21.10	20	7	1933	kN

##### Frenatura

<u>LM71</u>	$\alpha Q$ [kN]	z [m]	l [m]		
R4,max	484.0	2.06	21.10	47	kN
M4,app	484.0	1.50		726	kNm
M4,mezz				363	kNm

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	35 di 66

<u>SW/2</u>	$\alpha$ Q [kN]	z [m]	l [m]		
R4,max	770.0	2.06	21.10	75	kN
M4,app	770.0	1.50		1155	kNm
M4,mezz				578	kNm

**Avviamento**

<u>LM71</u>	$\alpha$ Q [kN]	z [m]	l [m]		
R4,max	798.6	2.06	21.10	78	kN
M4,app	798.6	1.50		1198	kNm
M4,mezz				599	kNm

<u>SW/2</u>	$\alpha$ Q [kN]	z [m]	l [m]		
R4,max	726	2.06	21.10	71	kN
M4,app	726	1.50		1089	kNm
M4,mezz				545	kNm

**COPPIE TORCENTI A METRO LINEARE DI IMPALCATO**

**Centrifuga**

<u>LM71</u>	$\alpha$ q [kN/m]	z [m]		
mt5,flettenti	13.1	1.50	19.7	kNm/m
mt5,taglianti	13.9	2.06	28.7	kNm/m

<u>SW/2</u>	$\alpha$ q [kN/m]	z [m]		
mt5,flettenti	7.8	1.50	11.7	kNm/m
mt5,taglianti	7.8	2.06	16.0	kNm/m

**Eccentricità del carico LM71**

	q [kN/m]	z [m]		
mt6,flettenti	131.2	0.08	10.5	kNm/m
mt6,taglianti	139.4	0.08	11.1	kNm/m

**Effetto della sopraelevazione**

		s [m]		
es=180xs/143.5=	180	0.145	143.5	0.182 m

<u>LM71</u>	q [kN/m]	es [m]		
mt7,flettenti	131.2	0.182	23.9	kNm/m
mt7,taglianti	139.4	0.182	25.4	kNm/m

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

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	36 di 66

mt7,flettenti	150.0	0.182	27.3	kNm/m
mt7,taglianti	150.0	0.182	27.3	kNm/m

**Vento**

vento su barriera a.r. (senza traffico)

	Fw [kN]	Li [m]	zFw [m]		
mt8=Fw/Li x zFw	383	21.10	3.00	54.4	kNm/m

vento su treno

	Fw [kN]	Li [m]	zFw [m]		
mt8=Fw/Li x zFw	383	21.10	2.47	44.9	kNm/m

**Serpeggio (azione laterale)**

<u>LM71</u>	qs [kN/m]	zs [m]		
mt9=qsxs	110	1.50	165.0	kNm/m

<u>SW/2</u>	qs [kN/m]	zs [m]		
mt9=qsxs	100	1.50	150.0	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  $\Delta q$  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  $Brs \cdot h$ :

$$\Delta p = \alpha \cdot mt$$

Dove:

$i =$	0.577	m	interasse travi
$d$	2.02	m	braccio trave di bordo
$B_{rip.} =$	4	m	larghezza di ripartizione
$h$	1.108	m	altezza travi
$J = h \times B_{rip.}^3 / 12 =$	5.33	m <sup>4</sup>	inerzia striscia unitaria trasversale di impalcato di altezza=Brs
$\alpha = d \times i / J =$	0.219	1/mq	

### AZIONI VERTICALI

#### Peso proprio

		n_tr_4m		
$M'_{1,1} = M_{1,1}/n$	10384	7	1483 kNm	Momento mezzeria
$V'_{1,1} = V_{1,1}/n$	1968	7	281 kN	Taglio all'appoggio
$R'_{1,1} = R_{1,1}/n$	1968	7	281 kN	Reazione vincolare

#### Sovraccarichi permanenti

		n_tr_4m		
$M'_{1,2} = M_{1,2}/n$	3260	7	466 kNm	Momento mezzeria
$V'_{1,2} = V_{1,2}/n$	618	7	88 kN	Taglio all'appoggio
$R'_{1,2} = R_{1,2}/n$	618	7	88 kN	Reazione vincolare

#### Variabili ferroviari

		n_tr_4m		
$M'_{2} = M_{2}/n$	8917	7	1274 kNm	Momento mezzeria (conf. 1)
$V'_{2} = V_{2}/n$	1797	7	257 kN	Taglio all'appoggio (conf. 2)
$R'_{2} = R_{2}/n$	1797	7	257 kN	Reazione vincolare (conf. 2)

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	38 di 66

<u>SW/2</u>		n_tr_4m		
M'2 = M2/n	10198	7	1457 kNm	Momento mezzeria
V'2 = V2/n	1933	7	276 kN	Taglio all'appoggio
R'2 = R2/n	1933	7	276 kN	Reazione vincolare

**Frenatura**

<u>LM71</u>		n_tr_4m		
M'4 = M4,mezz/n	363	7	52 kN	Momento mezzeria
V'4 = R4/n	47	7	7 kNm	Taglio all'appoggio
N'4 = Ql/n	484	7	69 kN	Sforzo normale

<u>SW/2</u>		n_tr_4m		
M'4 = M4,mezz/n	578	7	83 kN	Momento mezzeria
V'4 = R4/n	75	7	11 kNm	Taglio all'appoggio
N'4 = Ql/n	770	7	110 kN	Sforzo normale

**Avviamento**

<u>LM71</u>		n_tr_4m		
M'4 = M4,mezz/n	599	7	86 kN	Momento mezzeria
V'4 = R4/n	78	7	11 kNm	Taglio all'appoggio
N'4 = Ql/n	799	7	114 kN	Sforzo normale

<u>SW/2</u>		n_tr_4m		
M'4 = M4,mezz/n	545	7	78 kN	Momento mezzeria
V'4 = R4/n	71	7	10 kNm	Taglio all'appoggio
N'4 = Ql/n	726	7	104 kN	Sforzo normale

**AZIONI ORIZZONTALI**

**Centrifuga**

<u>LM71</u>	$\alpha$	mt5 [kNm/m]		
$\Delta p_5$ ,flettenti = $\alpha \times mt_5$	0.219	19.7	4.31 kNm/m	
$\Delta p_5$ ,taglianti = $\alpha \times mt_5$	0.219	28.7	6.27 kNm/m	
	$\Delta p_5$ [kNm/m]	Lc [m]		
M5 = $\Delta p_5 \times Lc^2 / 8$	4.31	21.10	240 kNm	momento in mezzeria
V5 = $\Delta p_5 \times Lc / 2$	6.27	21.10	66 kNm	taglio all'appoggio

<u>SW/2</u>	$\alpha$	mt5 [kNm/m]		
$\Delta p_5$ ,flettenti = $\alpha \times mt_5$	0.219	11.7	2.56 kNm/m	
$\Delta p_5$ ,taglianti = $\alpha \times mt_5$	0.219	16.0	3.50 kNm/m	

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	39 di 66

	$\Delta p5$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M5 = \Delta p5 \times Lc^2 / 8$	2.56	21.10	142 kNm	momento in mezzeria
$V5 = \Delta p5 \times Lc / 2$	3.50	21.10	37 kNm	taglio all'appoggio

**Eccentricità del carico LM71**

	$\alpha$	mt6 [kNm/m]		
$\Delta p6, \text{flettenti} = \alpha \times mt6$	0.219	10.5	2.29 kNm/m	
$\Delta p6, \text{taglianti} = \alpha \times mt6$	0.219	11.1	2.43 kNm/m	

	$\Delta p6$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M6 = \Delta p6 \times Lc^2 / 8$	2.29	21.10	127 kNm	momento in mezzeria
$V6 = \Delta p6 \times Lc / 2$	2.43	21.10	26 kNm	taglio all'appoggio

**Effetto della sopraelevazione**

LM71

	$\alpha$	mt7 [kNm/m]		
$\Delta p7, \text{flettenti} = \alpha \times mt7$	-0.219	23.9	-5.21 kNm/m	
$\Delta p7, \text{taglianti} = \alpha \times mt7$	-0.219	25.4	-5.54 kNm/m	

	$\Delta p7$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M7 = \Delta p7 \times Lc^2 / 8$	-5.21	21.10	-290 kNm	momento in mezzeria
$V7 = \Delta p7 \times Lc / 2$	-5.54	21.10	-58 kNm	taglio all'appoggio

SW/2

	$\alpha$	mt7 [kNm/m]		
$\Delta p7, \text{flettenti} = \alpha \times mt7$	-0.219	27.3	-5.96 kNm/m	
$\Delta p7, \text{taglianti} = \alpha \times mt7$	-0.219	27.3	-5.96 kNm/m	

	$\Delta p7$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M7 = \Delta p7 \times Lc^2 / 8$	-5.96	21.10	-332 kNm	momento in mezzeria
$V7 = \Delta p7 \times Lc / 2$	-5.96	21.10	-63 kNm	taglio all'appoggio

**Vento**

vento su barriera a.r. (senza traffico)

	$\alpha$	mt8 [kNm/m]		
$\Delta p8 = \alpha \times mt8$	0.219	54.4	11.89 kNm/m	

	$\Delta p8$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M8 = \Delta p8 \times Lc^2 / 8$	11.89	21.10	661 kNm	momento in mezzeria
$V8 = \Delta p8 \times Lc / 2$	11.89	21.10	125 kNm	taglio all'appoggio

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	40 di 66

vento su treno

	$\alpha$	mt8 [kNm/m]		
$\Delta p8 = \alpha \times mt8$	0.219	44.9	9.80	kNm/m
	$\Delta p8$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M8 = \Delta p8 \times Lc^2 / 8$	9.80	21.10	545	kNm momento in mezzeria
$V8 = \Delta p8 \times Lc / 2$	9.80	21.10	103	kNm taglio all'appoggio

**Serpeggio (azione laterale)**

	$\alpha$	mt9 [kNm/m]		
<u>LM71</u>				
$\Delta p9 = \alpha \times mt9$	0.219	165.0	36.06	kNm/m
	$\Delta p9$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M9 = \Delta p9 \times Lc / 4$	36.06	21.10	190	kNm momento in mezzeria
$V9 = \Delta p9$	36.06		36	kNm taglio all'appoggio

	$\alpha$	mt9 [kNm/m]		
<u>SW/2</u>				
$\Delta p9 = \alpha \times mt9$	0.219	150.0	32.78	kNm/m
	$\Delta p9$ [kNm/m]	Lc [m]		
$M9 = \Delta p9 \times Lc / 4$	32.78	21.10	173	kNm momento in mezzeria
$V9 = \Delta p9$	32.78		33	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

	Sollecitazioni caratteristiche			Coefficienti combinazione				Sollecitazioni SLU		
	M mezzeria	V appoggio	N	$\gamma$	$\gamma_{gr1}$	$\psi_{01}$	coeff	M mezzeria	V appoggio	N
Azione	[kNm]	[kN]	[kN]					[kNm]	[kN]	[kN]
Peso proprio	1483	281	0	1.35	-	-	1.35	2003	380	0
Sovraccarichi permanenti	466	88	0	1.5	-	-	1.5	699	132	0
LM71 dinamizzato	1274	257	0	1.45	1	-	1.45	1847	372	0
Eccentricità del carico LM71	127	26	0	1.45	1	-	1.45	184	37	0
Effetto della sopraelevazione	-290	-58	0	1.45	1	-	1.45	-421	-85	0
Frenatura/Avviamento	52	7	69	1.45	0.5	-	0.725	38	5	50
Centrifuga	240	66	0	1.45	1	-	1.45	347	96	0
Serpeggio	190	36	0	1.45	1	-	1.45	276	52	0
Vento	661	125	0	1.5	-	0.6	0.9	595	113	0

$\Sigma$	5568	1103	50
----------	------	------	----

#### Caso di carico 2 - SW/2

	Sollecitazioni caratteristiche			Coefficienti combinazione				Sollecitazioni SLU		
	M mezzeria	V appoggio	N	$\gamma$	$\gamma_{gr1}$	$\psi_{01}$	coeff	M mezzeria	V appoggio	N
Azione	[kNm]	[kN]	[kN]					[kNm]	[kN]	[kN]
Peso proprio	1483	281	0	1.35	-	-	1.35	2003	380	0
Sovraccarichi permanenti	466	88	0	1.5	-	-	1.5	699	132	0
SW/2 dinamizzato	1457	276	0	1.45	1	-	1.45	2112	400	0
Eccentricità del carico SW/2	0	0	0	1.45	1	-	1.45	0	0	0
Effetto della sopraelevazione	-332	-63	0	1.45	1	-	1.45	-481	-91	0
Frenatura/Avviamento	83	11	110	1.45	0.5	-	0.725	60	8	80
Centrifuga	142	37	0	1.45	1	-	1.45	206	54	0
Serpeggio	173	33	0	1.45	1	-	1.45	251	48	0
Vento	661	125	0	1.5	-	0.6	0.9	595	113	0

$\Sigma$	5445	1043	80
----------	------	------	----

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	42 di 66

**Caso di carico 3 - scarico**

Azione	Solicitazioni caratteristiche		
	M mezzeria [kNm]	V appoggio [kN]	N [kN]
Peso proprio	1483	281	0
Sovraccarichi permanenti	466	88	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	661	125	0

Coefficienti combinazione			
$\gamma$	$\gamma_{gr1}$	$\psi_{01}$	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]
2003	380	0
699	132	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
595	113	0

<b><math>\Sigma</math></b>	<b>3296</b>	<b>625</b>	<b>0</b>
----------------------------	-------------	------------	----------

<b>M mezzeria</b>	<b>5568</b>	<b>kNm</b>
<b>N mezzeria</b>	<b>80</b>	<b>kN</b>
<b>V appoggio</b>	<b>1103</b>	<b>kN</b>

## 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	55100	mm <sup>2</sup>
W	2.04E+07	mm <sup>3</sup>
S	1.53E+07	mm <sup>3</sup>
J	1.13E+10	mm <sup>4</sup>
tw	22	mm
yg*	554	mm

#### MATERIALE

f <sub>yk</sub>	355	MPa
γ <sub>M0</sub>	1.05	-
f <sub>yd</sub>	338.1	MPa

#### SOLLECITAZIONI

M	5568	kNm
N	80	kN
V	1103	kN

#### TENSIONI

$\sigma = N/A + M/W =$	274	MPa
$\tau = V \times S / (J \times tw) =$	68	MPa

#### FS

$\sigma / f_{yd} =$	0.81	OK
$\tau / (f_{yd} * \sqrt{3}) =$	0.35	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  $\phi_3$ . 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  $b = 4.0m$ .

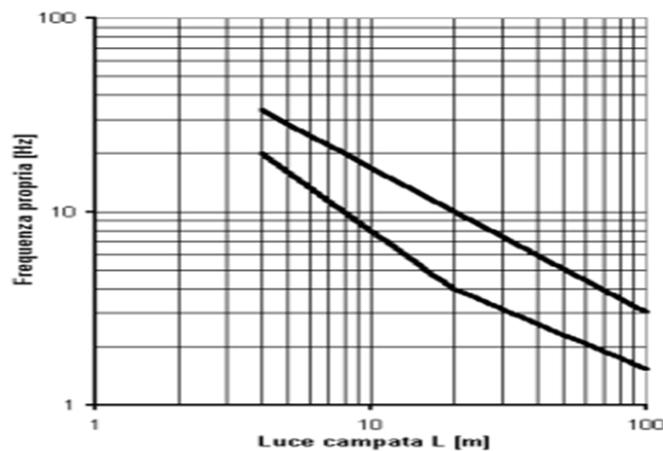
Le caratteristiche della sezione reagente omogeneizzata in cls sono di seguito riportate:

Brip. =	4 m	larghezza di ripartizione
Htravi =	1.108 m	altezza travi acciaio
sp. soletta superiore	0.125 m	spessore medio soletta sopra le ali superiori delle travi
Htot =	1.233 m	altezza totale impalcato
Htot,cls =	1.233 m	altezza totale cls
ntravi,B,rip. =	7 -	numero travi zona ripartizione
yG,travi =	0.554 m	quota baricentro travi
yG,cls =	0.62 m	quota baricentro cls
n	6 -	coeff. di omogeneizzazione
Atrave =	55100 mm <sup>2</sup>	Area trave
Atravi =	385700 mm <sup>2</sup>	Area travi nella zona di ripartizione
Acls,lorda =	4.932 m <sup>2</sup>	Area lorda cls
Acls,netta =	4.546 m <sup>2</sup>	Area netta cls
Jtrave =	1.13E+10 mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia trave
Jtravi =	7.91E+10 mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia travi (rispetto a yG,travi)
Jcls =	0.625 m <sup>4</sup>	momento d'inerzia cls (rispetto a yG,cls)
A_om_cls =	6.86 m <sup>2</sup>	area soletta + travi omogeneizzate a cls
yG_om_cls =	0.595 m	quota baricentro soletta + travi omogeneizzate
J'soletta =	1.105 m <sup>4</sup>	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  $\phi_3$  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:

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

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

<b>p1,g1</b>	533.1 kN/m	peso proprio (intero impalcato)
<b>p1,g2</b>	167.4 kN/m	carichi permanenti (intero impalcato)
<b>p1</b>	700.5 kN/m	totale pp+perm. (intero impalcato)
<b>ntravi,B,rip. =</b>	7 -	numero travi nella zona di ripartizione
<b>ntravi =</b>	20 -	numero totale travi
<b>p'1</b>	245.2 kN/m	totale pp+perm. (su Brip.)
<b>Lc =</b>	21.10 m	luce impalcato (asse appoggi)
<b><math>\delta_0 = 5/384 \times p'1 \times L^4 / EJ =</math></b>	17.01 mm	freccia massima per p'1,perm
<b><math>n_0 = 17.75 / \sqrt{\delta_0} =</math></b>	4.30 Hz	stima prima frequenza flessionale
<b><math>n_0, \text{inf} = 23.58 \times L_c^{-0.592} =</math></b>	3.88 Hz	frequenza limite inferiore per L=Lc
<b><math>n_0, \text{sup} = 94.76 \times L_c^{-0.748} =</math></b>	9.68 Hz	frequenza limite superiore per L=Lc
<b>test</b>	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.

$p_{2,eq.flett}$ =	281.2 kN/m	eq. Flettente LM71+SW/2 (2 binari)
$\phi_3$ =	1.222 -	coeff. dinamico
$p'_{2,eq.flett}$ =	343.5 kN/m	$\phi_3 \times p_{2,eq.flett}$
$\delta_{LM71+SW/2}$ (2 binari) =	19.51 mm	freccia in mezzeria
$\delta_{LIM}$ =	35.2 mm	freccia limite (L/600)
$\delta < \delta_{LIM}$	OK -	verifica soddisfatta
$\delta / \delta_{LIM}$ =	0.55 -	

### 9.2.3 COMFORT DEI PASSEGGERI

Si esegue la verifica al comfort dei passeggeri:

$p_{2,eq.flett}$ =	131.2 kN/m	eq. Flettente LM71 (1 binario)
$\phi_3$ =	1.222 -	coeff. dinamico
$p'_{2,eq.flett}$ =	160.2 kN/m	$\phi_3 \times p_{2,eq.flett}$
$\delta_{LM71}$ (1 binario) =	9.10 mm	freccia in mezzeria
$\delta_{LIM\ comfort}$ =	21.1 mm	freccia limite (L/1000)
$\delta < \delta_{LIM\ comfort}$	OK -	verifica soddisfatta
$\delta / \delta_{LIM\ comfort}$ =	0.43 -	

### 9.2.4 ROTAZIONE DEGLI APPOGGI

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

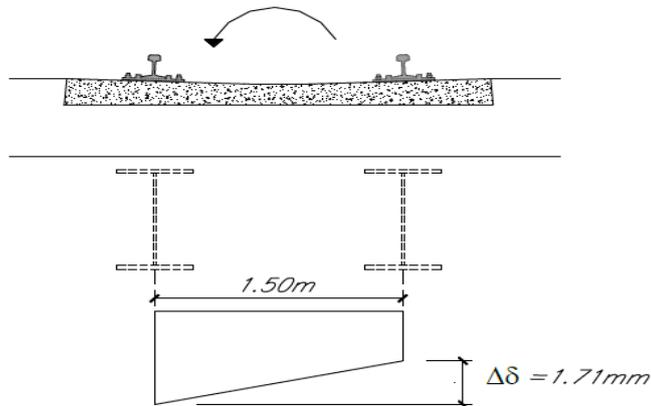
$\theta_{LM71} = 1/24 \times p \times L^3 / EJ$	0.0017 rad	rotazione per LM71 dinamizzato
$\Delta T$	10 °C	variazione termica lineare nello spessore
$\alpha$	1.20E-05 1/°C	coeff. di dilatazione termica dell'acciaio
$S_{Sn}$	1.203 m	altezza impalcato minima
$\theta_{\Delta T} = (\alpha \times \Delta T / S_{Sn}) \times L/2$	0.0011 rad	rotazione per variazione termica
$\theta_{tot}$ =	0.0027 rad	rotazione totale
$H$ =	1233 mm	altezza del piano di regolamento del ballast rispetto al centro di rotazione degli apparecchi di appoggio
$\theta_{LIM}$ =	0.0065 rad	rotazione limite (8/H rad, con H in [mm])
$\theta < \theta_{LIM}$	OK -	verifica soddisfatta
$\theta / \theta_{LIM}$ =	0.42 -	

Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 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  $\Delta p$  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  $J'$ .

$i =$	0.577 m	interasse travi
$d = 1.5/2 =$	0.75 m	braccio trave di bordo
Brip. =	4 m	larghezza di ripartizione
$h$	1.108 m	altezza travi
$J = h \times \text{Brip.}^3 / 12 =$	5.91 m <sup>4</sup>	inerzia
$\alpha = d \times i / J =$	0.073 1/mq	

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

### Centrifuga

$\Delta p_5 = \alpha \times m t_5 =$	0.073	19.7	1.4 kN/m	effetto flettente
--------------------------------------	-------	------	----------	-------------------

### Eccentricità del carico LM71

$\Delta p_6 = \alpha \times \phi_3 \times m t_6 =$	0.089	10.5	0.9 kN/m	effetto flettente
----------------------------------------------------	-------	------	----------	-------------------

### Effetto della sopraelevazione

$\Delta p_7 = \alpha \times m t_7 =$	-0.073	23.9	-1.7 kN/m	effetto flettente
--------------------------------------	--------	------	-----------	-------------------

### Vento su treno

$\Delta p_8 = \alpha \times m t_8 =$	0.073	44.9	3.3 kN/m	eff. flett. e tagl.
--------------------------------------	-------	------	----------	---------------------

Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	48 di 66

**Serpeggio**

$\Delta p_9 = \alpha/L \times mt_9 =$  0.003 165.0 0.6 kN/m eff. flett. e tagli.

$\Delta p_{tot} =$  4.5 kN/m

$\beta = a \times b / L^2 (1 + a \times b / L^2) =$	0.137 -	coeff. per la valutazione dell'abbassamento della trave di bordo
$a =$	3.00 m	distanza punto di controllo dall'appoggio
$b =$	18.10 m	distanza punto di controllo dall'appoggio opposto
$L =$	21.10 m	luce impalcato (asse appoggi)
$J = J_{soletta} / n_{travi, B, rip.} =$	0.158 m <sup>4</sup>	inerzia della trave di bordo (incluso cls)
$\delta_0 = 1/24 \times \Delta p \times L^4 / EJ \times \beta =$	0.95 mm	freccia massima per $\Delta p_{tot}$

$t = 2 \times \delta_0 =$	1.91 mm	sghembo massimo
$t_{lim} =$	3.0 mm	valore limite secondo 1.8.3.2.2.2
$t / t_{lim} =$	0.64	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 =	1.03 m	luce dello sbalzo
s =	0.50 m	spessore soletta (sezione di incastro)
b marciap =	1.03 m	larghezza marciapiedi
b cordolo =	0.00 m	larghezza cordolo di estremità
h cordolo =	0.00 m	altezza cordolo di estremità

### Analisi dei carichi

Peso proprio e permanenti	Volume	peso spec	QV	e	M	$\gamma$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
	[m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/ml]	[m]	[kNm/ml]	-	-	-	-
Peso proprio sbalzo	0.515	25	12.875	0.515	6.6	1.35	-	-	-
Peso proprio cordolo	0.000	25	0	1.03	0.0	1.35	-	-	-
Canaletta	-	-	-	-	-	1.5	-	-	-
Veletta	-	-	1.5	1.03	1.5	1.5	-	-	-
Barriera a.r.	-	-	20.2	1.03	20.8	1.5	-	-	-

Variabili	q	L	QV	e	M	$\gamma$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[kN/ml]	[m]	[kNm/ml]	-	-	-	-
Carico marciapiedi	10.0	1.03	10.3	0.515	5.3	1.5	0.8	0.8	0

	q	h	QH	e	M	$\gamma$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[kN/ml]	[m]	[kNm/ml]	-	-	-	-
Vento	2.45	5.05	12.37	2.775	34.3	1.5	0.6	0.5	0
Sovrappressione	0.20	5.05	1.01	2.775	2.8	1.5	0.8	0.5	0

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 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]	12	20	8	13	0	7	0	0
M [kNm/ml]	-85	-105	-57	-70	-33	-48	-29	-29
QV [kN/ml]	65	62	45	43	43	35	35	35

Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 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	-105	kNm
MRd	-257	kNm
FS	2.46	-

Verifica C.A. S.L.U. - File: sbalzo\_L22m

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	50	1	15.39	6
			2	5.65	44

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n   
 N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 -48 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

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

M<sub>xRd</sub> -257 kN m  
 $\sigma_c$  -18.13 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  28.71 ‰  
 d 44 cm  
 $x$  4.781  $x/d$  0.1087  
 $\delta$  0.7

N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

Verifica soddisfatta.

## 10.2 VERIFICA A TAGLIO

Non è necessaria armatura resistente a taglio.

classe cls	<b>Rck</b>	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
resist. Caratteristica cilindrica	fck	33	N/mm <sup>2</sup>
	fcd	19	
coeff. parziale	<b>yc</b>	<b>1.5</b>	
larghezza membratura resistente a V	<b>bw</b>	<b>1000</b>	mm
altezza membratura resistente a V	<b>H</b>	<b>500</b>	mm
altezza utile	d	450	mm
area della sezione	Asez	450000	mm <sup>2</sup>
diametro ferro longitudinale teso	<b>φl</b>	<b>14</b>	mm
area armatura	Asl	153.9	mm <sup>2</sup>
	<b>strato</b>	<b>1</b>	
	<b>passo</b>	<b>100</b>	mm
	nf/strato	10	
area armatura totale	Af tot	<b>1539.4</b>	mm <sup>2</sup>
percentuale di armatura	pl	0.0043	
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	<b>N</b>	<b>0</b>	N
	scp	0.00	N/mm <sup>2</sup>
	k	1.75	
	vmin	0.47	
taglio resistente	<b>Vrd1</b>	<b>228</b>	kN
	<b>Vrd2</b>	<b>209</b>	kN

taglio sollecitante	<b>Ved</b>	<b>65</b>	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	<b>g<sub>Rd</sub></b>	<b>1</b>	
	<b>Vrd</b>	<b>172</b>	kN

Ved < Vrd

**verifica**

Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 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 = - 48 kNm

INPUT	
B sez	1000 mm
h sez	500 mm
y ferro	44 mm
Φ (barre)	14 mm
n.barre	10 -
cls C	40 MPa
x AN	117.9 mm
σs	78.1 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	2.27E-04 -
distanza max fessure	
s r, max	2.96E+02 mm
<b>ampiezza fessure:</b>	
<b>wk</b>	<b>0.0673 mm</b>
LIMITE	0.20 mm
Sez. verificata	

Verifica C.A. S.L.U. - File: sbalzo\_L22m

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	50	1	15.39	6
			2	5.65	44

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

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

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

Materiali  
 B450C C32/40  
 ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18.13 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
 ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12.25 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.7333  
 τ<sub>c1</sub> 2.114

σ<sub>c</sub> -1.905 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 78.1 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 0.3905 ‰  
 d 44 cm  
 x 11.79 x/d 0.2679  
 δ 0.7748

Verifica 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.

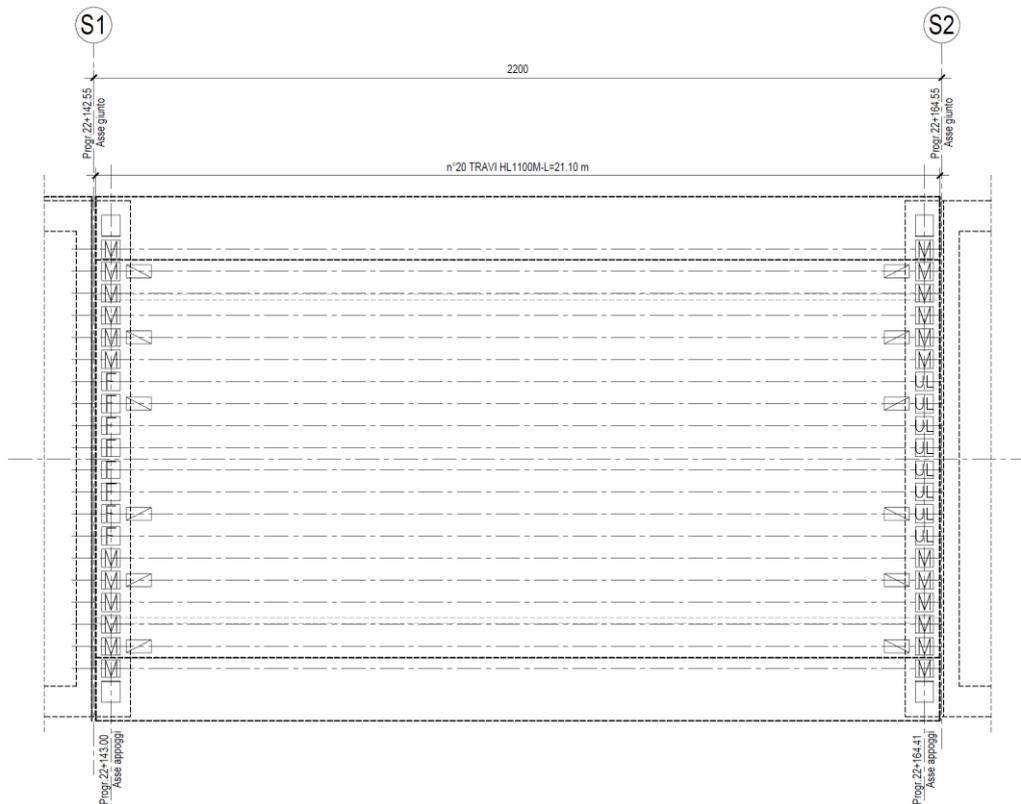


Figura 8 – Pianta impalcato – schema appoggi

schema appoggi	Dx (spalla 1)	Sx (pila 1)	tot
	Fissa	Mobile	
fissi (F)	8	0	8
unid long (U)	0	8	8
multid (M)	12	12	24
TOT 1 fila	20	20	40

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

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

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	55 di 66

**Azioni statiche e sismiche**

**Massa sismica longitudinale totale 16909 kN**

**Massa sismica verticale e trasversale totale 8454 kN**

Accelerazione sismica orizzontale 0.395 g

Accelerazione sismica verticale 0.237 g

Rz\_sism 2004 kN

R long\_sism 6679 kN

R trasv\_sism 3340 kN

**masse tot impalcato**

G1 11728 kN

G2 3682 kN

LM71+SW/2 7493 kN

---

tot. 22903 kN

	Rz	R long	R trasv	e	M trasv
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[kNm]
<b>peso proprio</b>	5864	0	0	0.0	0
<b>perman portati (incluso ballast)</b>	1841	0	0	0.0	0
<b>vento</b>	0	0	192	3.56	681
<b>resistenza parassita vincoli</b>	0	1374	0	0.0	0
<b>sismica long (Ex+0.3*Ey+0.3*Ez)</b>	601	6679	1002	0.6	561
<b>sismica trasv (0.3*Ex+Ey+0.3*Ez)</b>	601	2004	3340	0.6	1870
<b>sismica vert (0.3*Ex+0.3*Ey+Ez)</b>	2004	2004	1002	0.6	561

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=22,00m con banchine - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	56 di 66

Solo LM71								gruppo 1				gruppo 3				
	Rz	R long	R trasv	e vert	e orizz LM71	e orizz SW/2	coeff	Rz	R long	R trasv	M trasv	coeff	Rz	R long	R trasv	M trasv
	kN	kN	kN	m	m	m	-	kN	kN	kN	kNm	-	kN	kN	kN	kNm
LM71 dinam.	1797	0	0	0	2		1	1797	0	0	3593	1	1797	0	0	3593
Frenatura+avv	78	799	0	2.06	2		0.5	39	399	0	78	1	78	799	0	156
Centrifuga	0	0	153	2.06			1	0	0	153	316	0.5	0	0	77	158
Serpeggio	0	0	55	2.06			1	0	0	55	113	0.5	0	0	28	57

							gruppo 1				gruppo 3								
							Rz	R long	R trasv	M trasv									
							kN	kN	kN	kNm	Rz	R long	R trasv	M trasv					
							kN	kN	kN	kNm	kN	kN	kN	kNm					
							gr1, LM71	1836	399	208	4100	gr3, LM71	1875	799	104	3964			
							(M-)gr1, LM71	1836	399	208	-3469	gr3, LM71	1875	799	104	-3648			
							MAX	1836					1875						

Solo SW/2								gruppo 1				gruppo 3				
	Rz	R long	R trasv	e vert	e orizz LM71	e orizz SW/2	coeff	Rz	R long	R trasv	M trasv	coeff	Rz	R long	R trasv	M trasv
	kN	kN	kN	m	m	m	-	kN	kN	kN	kNm	-	kN	kN	kN	kNm
SW/2 dinam.	1933	0	0	0		2	1	1933	0	0	3867	1	1933	0	0	3867
Frenatura+avv	75	770	0	2.06		2	0.5	38	385	0	75	1	75	770	0	150
Centrifuga	0	0	85	2.06			1	0	0	85	176	0.5	0	0	43	88
Serpeggio	0	0	50	2.06			1	0	0	50	103	0.5	0	0	25	52

							gruppo 1				gruppo 3								
							Rz	R long	R trasv	M trasv									
							kN	kN	kN	kNm	Rz	R long	R trasv	M trasv					
							kN	kN	kN	kNm	kN	kN	kN	kNm					
							gr1, SW/2	1971	385	135	4221	gr3, SW/2	2008	770	68	4157			
							(M-)gr1, SW/2	1971	385	135	-3869	gr3, SW/2	2008	770	68	-3980			
							MAX	1971					2008						

LM71+SW/2								gruppo 1				gruppo 3				
	Rz	R long	R trasv	e vert	e orizz LM71	e orizz SW/2	coeff	Rz	R long	R trasv	M trasv	coeff	Rz	R long	R trasv	M trasv
	kN	kN	kN	m	m	m	-	kN	kN	kN	kNm	-	kN	kN	kN	kNm
LM71	1797	0	0	0	-2		1	1797	0	0	-3593	1	1797	0	0	-3593
SW/2	1933					2	1	1933	0	0	3867	1	1933	0	0	3867
Frenatura+avv	153	1569	0	2.06	-2	2	0.5	77	784	0	306	1	153	1569	0	613
Centrifuga	0	0	307	2.06			1	0	0	307	631	0.5	0	0	153	316
Serpeggio	0	0	110	2.06			1	0	0	110	227	0.5	0	0	55	113

							gruppo 1				gruppo 3								
							Rz	R long	R trasv	M trasv									
							kN	kN	kN	kNm	Rz	R long	R trasv	M trasv					
							kN	kN	kN	kNm	kN	kN	kN	kNm					
							gr1, LM71+SW/2	3807	784	417	1438	gr3, LM71+SW/2	3883	1569	208	1315			
							(M-)gr1, LM71+SW/2	3807	784	417	891	gr3, LM71+SW/2	3883	1569	208	768			
							MAX	3807					3883						

**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=22,00m con banchine - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	57 di 66

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

COEFFICIENTI COMBINAZIONI	SLE qp	SLE - 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]	13340	13340	13396	13396	13536	13536	13590	13590	16198	16198	16309	16309	15094	12807
Rz min [kN]	10678	10678	10678	10678	10678	10678	10678	10678	10678	10678	10678	10678	10678	10678
R long [kN]	2640	2640	3219	3219	2620	2620	3178	3178	3199	3199	4336	4336	2971	2524
R trasv [kN]	474	474	323	323	369	369	271	271	776	776	474	474	771	529
M trasv [kNm]	6558	-4417	6360	-4677	6733	-4997	6640	-5159	2698	1905	2520	1727	2689	5778

	SLV					
	comb 15	comb 16	comb 17	comb 18	comb 19	comb 20
Rz [kN]	9083	8681	9068	8673	10485	10076
Rz min [kN]	7104	7104	7104	7104	5701	5701
R long [kN]	8367	8213	3535	3458	3692	3458
R trasv [kN]	1044	1023	3423	3381	1044	1044
M trasv [kNm]	824	1354	2158	2690	824	1381

	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]	9541	9541	9580	9580	9676	9676	9714	9714	11512	11512	11588	11588	10750	9174
Rz min [kN]	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705
R long [kN]	1774	1774	2173	2173	1759	1759	2144	2144	2159	2159	2943	2943	2002	1694
R trasv [kN]	323	323	219	219	250	250	183	183	531	531	323	323	525	358
M trasv [kNm]	4509	-3060	4372	-3239	4630	-3460	4565	-3572	1846	1300	1724	1177	1831	3961

	SLE qp	SLE - 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]	7705	9174	9174	9205	9205	9282	9282	9312	9312	10750	10750	10812	10812	7705
Rz min [kN]	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705	7705
R long [kN]	1374	1694	1694	2013	2013	1682	1682	1990	1990	2002	2002	2629	2629	1374
R trasv [kN]	0	167	167	83	83	108	108	54	54	333	333	167	167	96
M trasv [kNm]	0	3280	-2775	3171	-2918	3377	-3095	3325	-3184	1150	713	1052	615	341

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=22,00m con banchine - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	59 di 66

**FILA FISSA**

numero appoggi fissi	8
numero appoggi unidirezionali	0
numero appoggi multidirezionali	12
num totale appoggi fila	20
numero appoggi fissi trasv	8

appoggio	e trasv	tipo	e^2	e app F
1	-5.48	M	30.03	0
2	-4.903	M	24.04	0
3	-4.326	M	18.71	0
4	-3.749	M	14.06	0
5	-3.172	M	10.06	0
6	-2.595	M	6.73	0
7	-2.018	F	4.07	-2.018
8	-1.441	F	2.08	-1.441
9	-0.864	F	0.75	-0.864
10	-0.287	F	0.08	-0.287
11	0.29	F	0.08	0.29
12	0.867	F	0.75	0.867
13	1.444	F	2.09	1.444
14	2.021	F	4.08	2.021
15	2.598	M	6.75	0
16	3.175	M	10.08	0
17	3.752	M	14.08	0
18	4.329	M	18.74	0
19	4.906	M		
20	5.483	M		
<b>INTERASSE APPOGGI</b>	<b>5.483</b>		<b>167.27</b>	<b>2.021</b>

interasse travi

0.577	m
-------	---

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	60 di 66

**FILA MOBILE**

numero appoggi fissi	0
numero appoggi unidirezionali	8
numero appoggi multidirezionali	12
num totale appoggi fila	20
numero appoggi fissi trasv	8

appoggio	e trasv	tipo	e^2	e app U	e app M
1	-5.48	M	30.03	0	-5.48
2	-4.903	M	24.04	0	-4.903
3	-4.326	M	18.71	0	-4.326
4	-3.749	M	14.06	0	-3.749
5	-3.172	M	10.06	0	-3.172
6	-2.595	M	6.73	0	-2.595
7	-2.018	U	4.07	-2.018	0
8	-1.441	U	2.08	-1.441	0
9	-0.864	U	0.75	-0.864	0
10	-0.287	U	0.08	-0.287	0
11	0.29	U	0.08	0.29	0
12	0.867	U	0.75	0.867	0
13	1.444	U	2.09	1.444	0
14	2.021	U	4.08	2.021	0
15	2.598	M	6.75	0	2.598
16	3.175	M	10.08	0	3.175
17	3.752	M	14.08	0	3.752
18	4.329	M	18.74	0	4.329
19	4.906	M			
20	5.483	M			
	<b>3.175</b>		<b>167.27</b>	<b>2.021</b>	<b>4.329</b>

interasse travi

0.577	m
-------	---

**Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	61 di 66

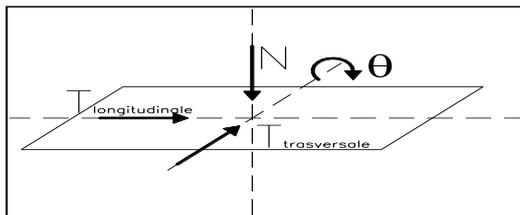
Si ottengono, di conseguenza, i seguenti scarichi per il singolo dispositivo di appoggio:

APPOGGI FISSI	SLU														
	Comb.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Rz max [kN]	746	614	747	613	758	616	760	617	842	833	846	836	787	710	
Rz min [kN]	455	587	457	590	453	594	454	596	501	511	503	513	501	464	
R long [kN]	330	330	402	402	327	327	397	397	400	400	542	542	371	316	
R trasv [kN]	59	59	40	40	46	46	34	34	97	97	59	59	96	66	
Comb.	SLV														
	15	16	17	18	19	20									
Rz max [kN]	464	450	479	466	534	520									
Rz min [kN]	345	339	329	323	275	268									
R long [kN]	1046	1027	442	432	461	432									
R trasv [kN]	130	128	428	423	130	130									
Comb.	SLE - rara														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Rz max [kN]	532	440	532	440	540	442	541	443	598	591	600	594	560	507	
Rz min [kN]	306	439	308	442	304	446	305	448	353	362	355	364	353	315	
R long [kN]	222	222	272	272	220	220	268	268	270	270	368	368	250	212	
R trasv [kN]	40	40	27	27	31	31	23	23	66	66	40	40	66	45	
Comb.	SLE qp	SEL - freq													
		qp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rz max [kN]	qp	385	498	425	499	425	505	427	506	427	551	546	553	548	389
Rz min [kN]	qp	375	369	359	353	375	369	331	422	332	424	329	427	330	428
R long [kN]	qp	172	212	212	252	252	210	210	249	249	250	250	329	329	172
R trasv [kN]	qp	0	21	21	10	10	14	14	7	7	42	42	21	21	12

APPOGGI UNIDIREZ	SLU														
	Comb.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Rz max [kN]	746	614	747	613	758	616	760	617	842	833	846	836	787	710	
Rz min [kN]	455	587	457	590	453	594	454	596	501	511	503	513	501	464	
R long [kN]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
R trasv [kN]	59	59	40	40	46	46	34	34	97	97	59	59	96	66	
Comb.	SLV														
	15	16	17	18	19	20									
Rz max [kN]	464	450	479	466	534	520									
Rz min [kN]	345	339	329	323	275	268									
R long [kN]	0	0	0	0	0	0									
R trasv [kN]	130	128	428	423	130	130									
Comb.	SLE - rara														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Rz max [kN]	532	440	532	440	540	442	541	443	598	591	600	594	560	507	
Rz min [kN]	306	439	308	442	304	446	305	448	353	362	355	364	353	315	
R long [kN]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
R trasv [kN]	40	40	27	27	31	31	23	23	66	66	40	40	66	45	
Comb.	SLE qp	SEL - freq													
		qp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rz max [kN]	qp	385	498	425	499	425	505	427	506	427	551	546	553	548	389
Rz min [kN]	qp	375	369	359	353	375	369	331	422	332	424	329	427	330	428
R long [kN]	qp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R trasv [kN]	qp	0	21	21	10	10	14	14	7	7	42	42	21	21	12



## 11.1 RIEPILOGO SCARICHI APPOGGI

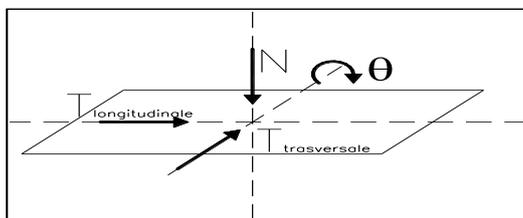


		APPOGGIO FISSO					
		Reazioni degli apparecchi di appoggio					
		max N	min N	max Tlong	min Tlong	max Ttrasv	min Ttrasv
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
Azioni (valori caratteristici)							
permanentemente G	peso proprio	293	293	0	0	0	0
	perman non str (incluso ballast)	92	92	0	0	0	0
variabili Q	vento	8	0	0	0	48	0
	resistenza parassita vincoli	0	0	0	0	0	0
	gr1, LM71	141	0	50	0	52	0
	(M-)gr1, LM71	50	0	50	0	52	0
	gr3, LM71	142	0	100	0	26	0
	(M-)gr3, LM71	50	0	100	0	26	0
	gr1,SW/2	150	0	48	0	34	0
	(M-)gr1, SW/2	52	0	48	0	34	0
	gr3,SW/2	151	0	96	0	17	0
	(M-)gr3, SW/2	52	0	96	0	17	0
	gr1, LM71+SW/2	208	0	98	0	104	0
	(M-)gr1, LM71+SW/2	201	0	98	0	104	0
	gr3, LM71+SW/2	210	0	196	0	52	0
	(M-)gr3, LM71+SW/2	203	0	196	0	52	0
SLU	N max	1000	-	-	-	-	-
	N min	-	450	-	-	-	-
	Tl max		-	550	-	-	-
	Tt max		-	-	-	100	-
SLE	N max	650	-	-	-	-	-
	N min	-	300	-	-	-	-
	Tl max		-	400	-	-	-
	Tt max		-	-	-	100	-
SLV	N max	550	-	-	-	-	-
	N min	-	250	-	-	-	-
	N min (*)		330				
	Tl max		-	1050	-	-	-
	Tt max		-	-	-	450	-

(\*) Nmin per Fh max

Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	64 di 66



APPOGGIO UNIDIREZIONALE LONG.

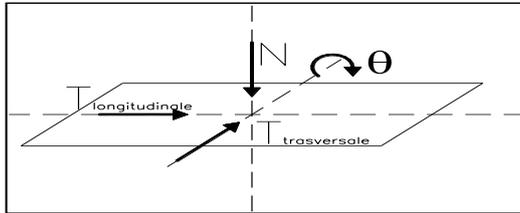
Reazioni degli apparecchi di appoggio

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	293	293	-	-	-	-
	perman non str (incluso ballast)	92	92	-	-	-	-
variabili Q	vento	8	0	-	-	48	0
	resistenza parassita vincoli	0	0	-	-	0	0
	gr1, LM71	141	0	-	-	52	0
	(M-)gr1, LM71	50	0	-	-	52	0
	gr3, LM71	142	0	-	-	26	0
	(M-)gr3, LM71	50	0	-	-	26	0
	gr1,SW/2	150	0	-	-	34	0
	(M-)gr1, SW/2	52	0	-	-	34	0
	gr3,SW/2	151	0	-	-	17	0
	(M-)gr3, SW/2	52	0	-	-	17	0
	gr1, LM71+SW/2	208	0	-	-	104	0
	(M-)gr1, LM71+SW/2	201	0	-	-	104	0
	gr3, LM71+SW/2	210	0	-	-	52	0
	(M-)gr3, LM71+SW/2	203	0	-	-	52	0
SLU	N max	1000	-	-	-	-	-
	N min	-	450	-	-	-	-
	TI max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	100	-
SLE	N max	650	-	-	-	-	-
	N min	-	300	-	-	-	-
	TI max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	100	-
SLV	N max	550	-	-	-	-	-
	N min	-	250	-	-	-	-
	N min (*)	-	330	-	-	-	-
	TI max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	450	-

(\*) Nmin per Fh max

Impalcato a travi incorporate per doppio binario  
L=22,00m con banchine - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0607 001	A	65 di 66



APPOGGIO MULTIDIREZIONALE

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	293	293	-	-	-	-
	perman non str (incluso ballast)	92	92	-	-	-	-
variabili Q	vento	18	0	-	-	-	-
	resistenza parassita vincoli	0	0	-	-	-	-
	gr1, LM71	198	0	-	-	-	-
	(M-)gr1, LM71	2	0	-	-	-	-
	gr3, LM71	196	0	-	-	-	-
	(M-)gr3, LM71	-1	0	-	-	-	-
	gr1,SW/2	208	0	-	-	-	-
	(M-)gr1, SW/2	-2	0	-	-	-	-
	gr3,SW/2	208	0	-	-	-	-
	(M-)gr3, SW/2	-3	0	-	-	-	-
	gr1, LM71+SW/2	228	0	-	-	-	-
	(M-)gr1, LM71+SW/2	213	0	-	-	-	-
	gr3, LM71+SW/2	228	0	-	-	-	-
	(M-)gr3, LM71+SW/2	214	0	-	-	-	-
SLU	N max	1000	-	-	-	-	-
	N min	-	350	-	-	-	-
	TI max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-
SLE	N max	650	-	-	-	-	-
	N min	-	200	-	-	-	-
	TI max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-
SLV	N max	550	-	-	-	-	-
	N min	-	200	-	-	-	-
	N min (*)	-	330	-	-	-	-
	TI 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
<b>Fisso</b>	1000	250	330	1050
<b>Uni</b>	1000	250	330	450
<b>Multi</b>	1000	200	330	0

## 12 INCIDENZA

Incidenza soletta:

140 kg/m<sup>3</sup>