

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## U.O. OPERE CIVILI

## PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA

OPERE PRINCIPALI – VIADOTTI E CAVALCAVIA

VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km 71+092

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=45 con marciapiede

SCALA:

-

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

IV01 00 D 09 CL VI02B9 001 A

	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	G. Grimaldi	Febbraio 2022	F. Bonifacio	Febbraio 2022		Febbraio 2022	A. Vittezzi Febbraio 2022

ITALFERR S.p.A.  
U.O. Opere Civili e gestione delle  
infrastrutture ferroviarie  
Ordine degli Ingegneri della Provincia  
di Genova N. 420/93

File: IV0100D09CLVI02B9001A

n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	7
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	7
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI .....	7
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	8
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	9
5.1	CALCESTRUZZO .....	9
5.2	ACCIAIO.....	11
5.3	PIOLI.....	11
6	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO ADOTTATO.....	12
6.1	CODICI DI CALCOLO .....	12
6.2	VALUTAZIONE DELL'ACCETTABILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 17/01/2018).....	12
6.3	METODOLOGIA DI ANALISI E FASI .....	13
6.4	MODELLO DI CALCOLO .....	14
7	ANALISI DEI CARICHI .....	16
7.1	PESI PROPRI STRUTTURALI (G1).....	16
7.2	SOVRACCARICHI PERMANENTI PORTATI (G2).....	16
7.3	AZIONI TERMICHE (DT) .....	20
7.4	AZIONI DOVUTE A RITIRO DIFFERENZIALE SOLETTA-TRAVE (E2).....	20
7.5	CARICHI VERTICALI MOBILI (TRENI DI CARICO) ( $Q_{VK}$ ).....	24
7.6	CARICHI ORIZZONTALI .....	27
7.7	EFFETTI DI INTERAZIONE STATICA TRENO-BINARIO-STRUTTURA.....	27
8	SISMA.....	28
9	COMBINAZIONI .....	30
10	VERIFICHE DELL'IMPALCATO ACCIAIO-CLS.....	32
10.1	COMBINAZIONI SLU - SLV .....	35

10.2	SOLLECITAZIONI SLU.....	36
10.3	VERIFICHE IN CONDIZIONI SLU.....	40
10.4	VERIFICA DEI PIOLI.....	47
11	VERIFICHE ALLO SL DI FATICA.....	50
11.1	SEZIONE DI GIUNTO DELLA TRAVE PRINCIPALE.....	53
11.2	SEZIONE DI ATTACCO PIATTABANDA INFERIORE E ANIMA AGLI IRRIGIDENTI TRASVERSALI.....	55
12	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ.....	57
12.1	INFLESSIONE NEL PIANO VERTICALE.....	57
12.2	DEFORMAZIONI TORSIONALI (VERIFICA DELLO SGHEMBO).....	60
12.3	STATO LIMITE DI COMFORT DEL PASSEGGERO.....	61
13	VERIFICA DIAFRAMMI INTERMEDI.....	62
13.1	VERIFICA SLU-SLV.....	62
13.1.1	2L 120x10 (elementi diagonali).....	63
13.1.2	2L 100x10 (elementi superiori).....	65
13.1.3	2L 120x12 (elementi inferiori).....	66
14	VERIFICA DEI CONTROVENTI INFERIORI.....	68
14.1	VERIFICA SLU-SLV.....	68
15	ANALISI EFFETTI LOCALI.....	70
15.1	CARICHI PERMANENTI.....	72
15.2	RIPARTIZIONE DEI CARICHI PROVENIENTE DAI CONVOGLI.....	73
15.3	VENTO SULLE BARRIERE.....	75
15.4	SOLLECITAZIONI AGENTI E VERIFICHE.....	75
16	AZIONI SUGLI APPOGGI ED ESCURSIONI.....	78
17	CALCOLO DELLE INCIDENZE DELLE CARPENTERIE METALLICHE E DELLE ARMATURE.....	79

## 1 PREMESSA

L'opera in oggetto, denominata VI02 Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice è un viadotto ferroviario con impalcato a sezione mista acciaio-calcestruzzo con travi metalliche a doppio T e soletta in calcestruzzo gettato in opera su predalles tralicciate collaboranti con spessore massimo nel punto di colmo pari a 45 cm.

La presente relazione è riferita all'impalcato di lunghezza totale 45m, misurata in corrispondenza dell'asse giunto. La sezione corrente ha le seguenti caratteristiche:

- B= 9.150 m
- 2 travi metalliche di altezza 2750 mm disposte ad interasse 3.6 m;

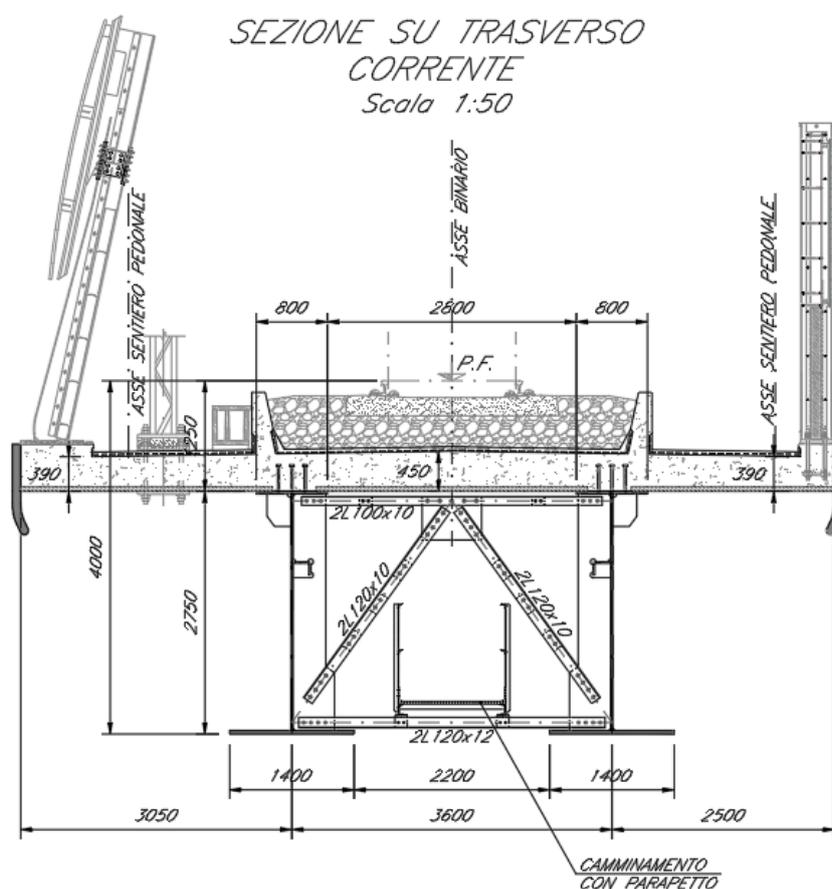


Figura 1 - sezione trasversale dell'impalcato

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	5 di 79

Lo sviluppo longitudinale dell'impalcato è il seguente:

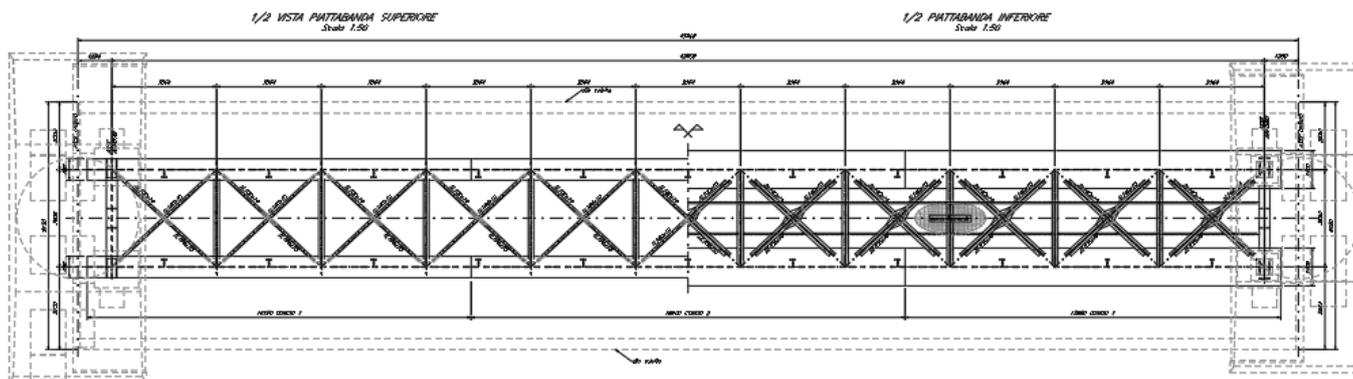


Figura 2 – pianta dell'impalcato

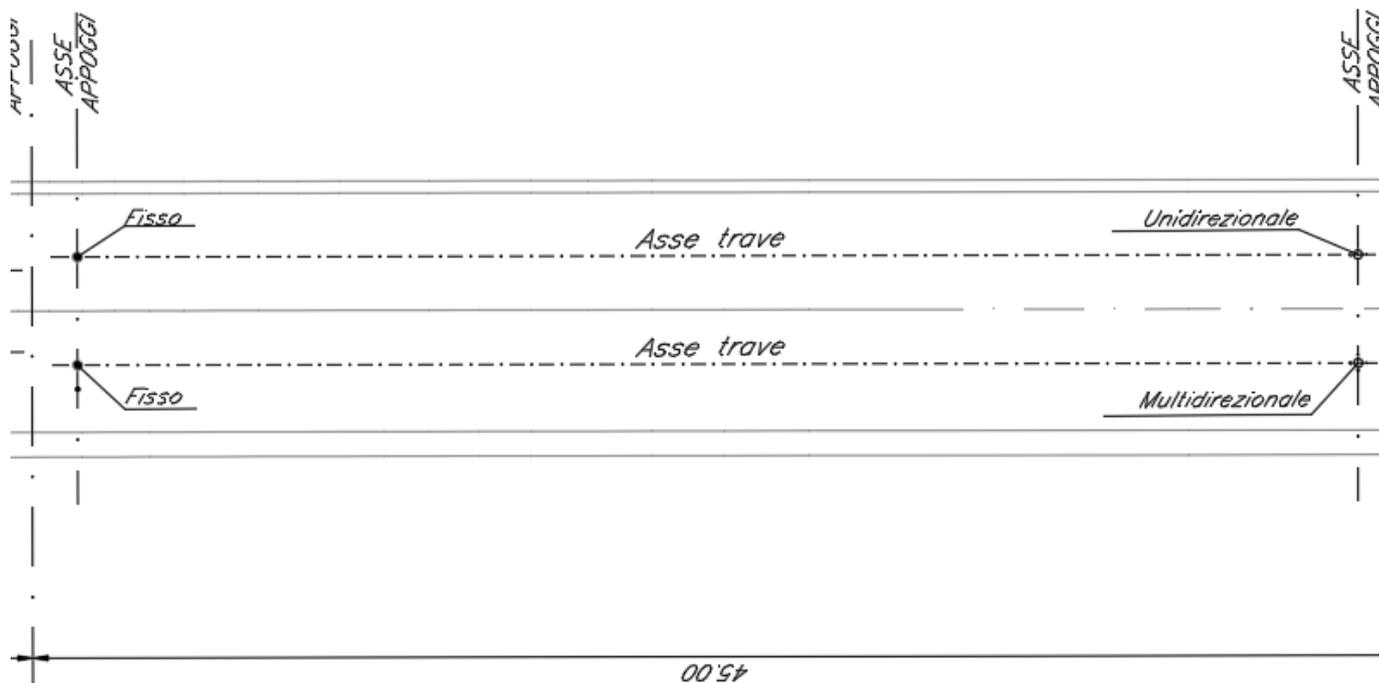


Figura 3 - Schema appoggi

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	6 di 79

Le caratteristiche geometriche dei concii delle travi sono riportate nella tabella seguente:

	Htrave	Piatt inf	Piatt sup	sp piatt inf	sp piatt sup	anima	Lunghezza concio
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
concio 1	2750	1400	800	50	40	30	14150
concio 2	2750	1400	800	60	50	22	16000
concio 3	2750	1400	800	50	40	30	14150

Per migliorare la ripartizione trasversale dei carichi, le travi sono collegate da diaframmi ogni 3.864m circa e da una controventatura di piano posta alla quota della piattabanda inferiore. La controventatura di piano posta in corrispondenza della piattabanda superiore ha lo scopo di assicurare la stabilità delle travi durante le fasi di varo e di getto della soletta. A maturazione avvenuta la soletta completa con la controventatura inferiore la rigidità torsionale dell'impalcato. I controventi di piano inferiori sono realizzati mediante due profili a L100x10, mentre quelli superiori sono realizzati mediante un profilo a L100x10. Le aste che realizzano i diaframmi sono realizzate mediante due profili a L120x10.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA  
VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km  
71+092

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con  
marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	7 di 79

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento è quello di [verificare](#) le strutture d'impalcato riferite alla sezione corrente B=9.150 a 2 travi.

## 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 3.1 Documenti Referenziati

Nella presente relazione, si è fatto riferimento all'elaborato grafico: [IV0100D09BBVI02B9001C](#).

	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km 71+092					
Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede	COMMESSA <b>IV01</b>	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 B9 001	REV. A	FOGLIO 8 di 79

#### 4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

1. Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
2. Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Circolare 21 gennaio 2019, n. 7/C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018»
3. Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture
4. Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale
5. 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, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;”

## 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 5.1 Calcestruzzo

#### Caratteristiche CLS secondo NTC 2018/UNI EN 206/UNI 11104

Elemento		soletta sezioni miste
Corrosione indotta da		
Carbonatazione	XC	XC3
Cloruri (altre fonti)	XD	-
Cloruri acqua di mare	XS	XS1
Gelo/disgelo	XF	-
Chimico	XA	-
Condizioni ambientali	-	<b>aggressive</b>
Classe di resistenza minima	-	C35/45
Contenuto minimo di cemento	kg/mc	340
Rapporto massimo acqua/cemento	-	0.50
Classe di consistenza (Slump)	-	S4
Tipo di cemento	-	CEM I-V
Diametro massimo dell'inerte	mm	20
<b>Calcolo copriferro secondo NTC 2018</b>		
Copriferro minimo	mm	35
Incremento per tolleranze di posa	mm	10
Incremento per VN=100 anni	mm	0
Decremento per controllo qualità	mm	0
Incremento per $C \leq C_{min}$	mm	0

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	10 di 79

Copriferro nominale (minimo da NTC)	mm	45
Copriferro nominale (MdP)		35+10
Copriferro nominale adottato	mm	<b>45</b>

### Opera Ferroviaria

#### Limiti Tensionali

Resistenza cilindrica caratteristica ( $f_{ck}$ )	MPa	25	32	35	35
SLE rara ( $s_c \leq 0.55 * f_{ck}$ )	MPa	13.75	17.60	19.25	19.25
SLE frequente (-)	MPa	-	-	-	-
SLE q.perm. ( $s_c \leq 0.40 * f_{ck}$ )	MPa	10.00	12.80	14.00	14.00

#### Limiti Fessurativi

tipo armatura	poco sensibile	poco sensibile	poco sensibile	poco sensibile
SLE rara gr4	w1=0.2mm	w1=0.2mm	w1=0.2mm	w1=0.2mm
SLE frequente	-	-	-	-
SLE q.perm.	-	-	-	-

## 5.2 Acciaio

Per le travi e tutti gli elementi strutturali in acciaio dell'impalcato si utilizza

Acciaio S355J2

Tab. 4.2.I – Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550

Figura 4 – valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f<sub>yk</sub> e di rottura f<sub>tk</sub>

Per l'armatura della soletta e degli elementi in calcestruzzo armato si prevede

ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO B450C

f <sub>y nom</sub>	450 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t nom</sub>	540 N/mm <sup>2</sup>

## 5.3 Pioli

Acciaio tipo S235J2+C450 secondo EN ISO 13918 avente le seguenti caratteristiche meccaniche:

- tensione di snervamento  $f_{yk} \geq 350 \text{ Mpa}$
- tensione di rottura a trazione  $f_u \geq 450 \text{ Mpa}$

	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km 71+092					
Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede	COMMESSA <b>IV01</b>	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 B9 001	REV. A	FOGLIO 12 di 79

## 6 Descrizione del modello di calcolo adottato

### 6.1 CODICI DI CALCOLO

Tutti i codici di calcolo automatico per l'analisi e la verifica delle strutture sono di sicura ed accertata validità e sono stati impiegati conformemente alle loro caratteristiche.

In particolare è stato utilizzato il software *SAP2000*, codice di calcolo strutturale agli elementi finiti commercializzato dalla CSI Italia Srl e realizzato dall'università di Berkeley negli USA.

Consente il calcolo di strutture spaziali composte da elementi mono- e/o bi-dimensionali anche con non linearità di materiale o con effetti dinamici.

### 6.2 Valutazione dell'accettabilità dei risultati ottenuti (rif.par.10.2 DM 17/01/2018)

Le analisi della struttura sono state condotte con un programma agli elementi finiti (sap 2000).

L'affidabilità del codice di calcolo è confermata dai test di validazione allegati alla release del programma e dalla sua ampia diffusione che lo pone tra i software specialistici standard previsti dalla specifica tecnica Italferr PPA.0002851.

I risultati ottenuti sono stati considerati attendibili dallo scrivente a fronte di verifiche condotte con metodi semplificati o con altri codici di calcolo nonché dal confronto critico con i risultati presentati dai documenti di progettazione definitiva.

Lo schema statico è di trave appoggiata e la tipologia di impalcato rientra negli standard tipologici adottata da RFI. Il calcolo a graticcio condotto è stato verificato con metodi semplificati di ripartizione trasversale dei carichi (metodo dei trasversi rigidi) applicabile in funzione dei rapporti geometrici dell'impalcato e del numero dei trasversi presenti. Il confronto tra i risultati è stato criticamente eseguito al fine di validare i valori ottenuti.

### 6.3 METODOLOGIA DI ANALISI E FASI

La struttura è rappresentata da un modello tridimensionale, in cui si sono considerati tutti gli elementi strutturali opportunamente modellati. Il comportamento della soletta di calcestruzzo, per la diffusione dei carichi applicati, è stato considerato con degli elementi shell e le travi sono state schematizzate tramite elementi frame. Le connessioni, invece, tra i nodi delle travi con quelli della soletta vengono rappresentate mediante link rigidi per permettere il trasferimento degli sforzi tra i due elementi resistenti. I controventi e le aste dei trasversi sono stati considerati incernierati alle estremità.

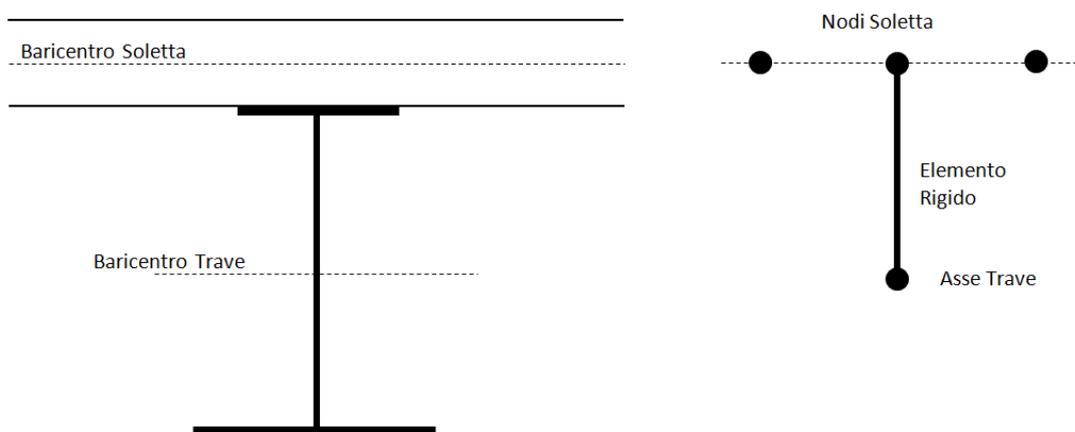


Figura 5

Nell'analisi strutturale si tiene conto di tre fasi:

#### FASE 1: GETTO

Varo delle travi e getto della soletta collaborante. La sezione reagente è costituita dalla sola struttura metallica mentre i carichi agenti sono il peso proprio della struttura, quello della soletta in calcestruzzo non indurita.

#### FASE 2: BREVE TERMINE

Azioni di breve durata quali carichi da traffico, temperatura, vento e azione sismica. La sezione reagente è la trave acciaio-calcestruzzo.

#### FASE 3: LUNGO TERMINE

Azione dei carichi permanenti portati. La struttura reagente è costituita da trave composta acciaio-calcestruzzo. I carichi agenti in questa fase sono i carichi permanenti portati ossia: pavimentazione, marciapiede, barriera antirumore, banchina, ballast ed il ritiro.

## 6.4 Modello di calcolo

Si riportano il modello agli elementi finiti:

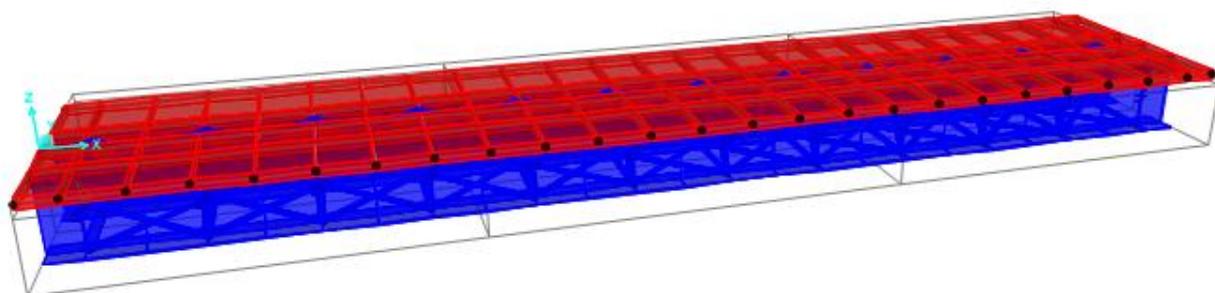


Figura 6 -Modello FEM vista estrusa

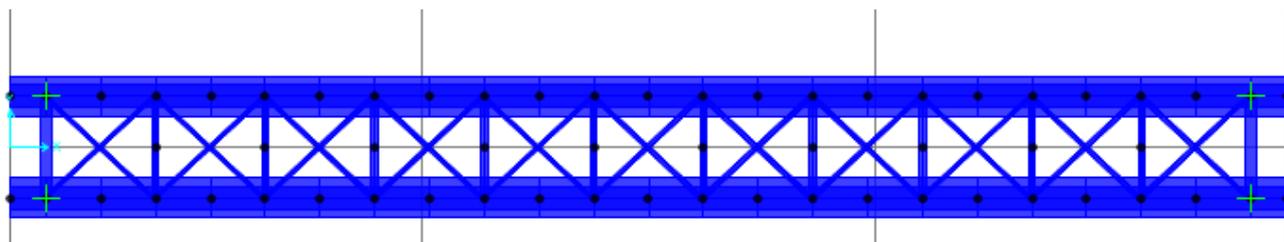


Figura 7 - Modello FEM vista dall'alto solo struttura d'acciaio

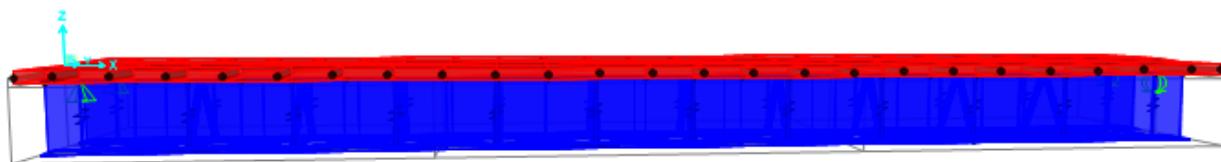


Figura 8 – Vista laterale



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA

VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km 71+092

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	15 di 79

## 7 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riporta l'analisi dei carichi, i valori riportati sono quelli caratteristici agenti globalmente sulla struttura.

### 7.1 Pesì propri strutturali (G1)

I pesi propri strutturali sono stati valutati automaticamente dal software di calcolo, considerando un peso specifico del calcestruzzo pari a  $25 \text{ kN/m}^3$  e un peso specifico dell'acciaio pari  $78.5 \text{ kN/m}^3$ .

### 7.2 Sovraccarichi permanenti portati (G2)

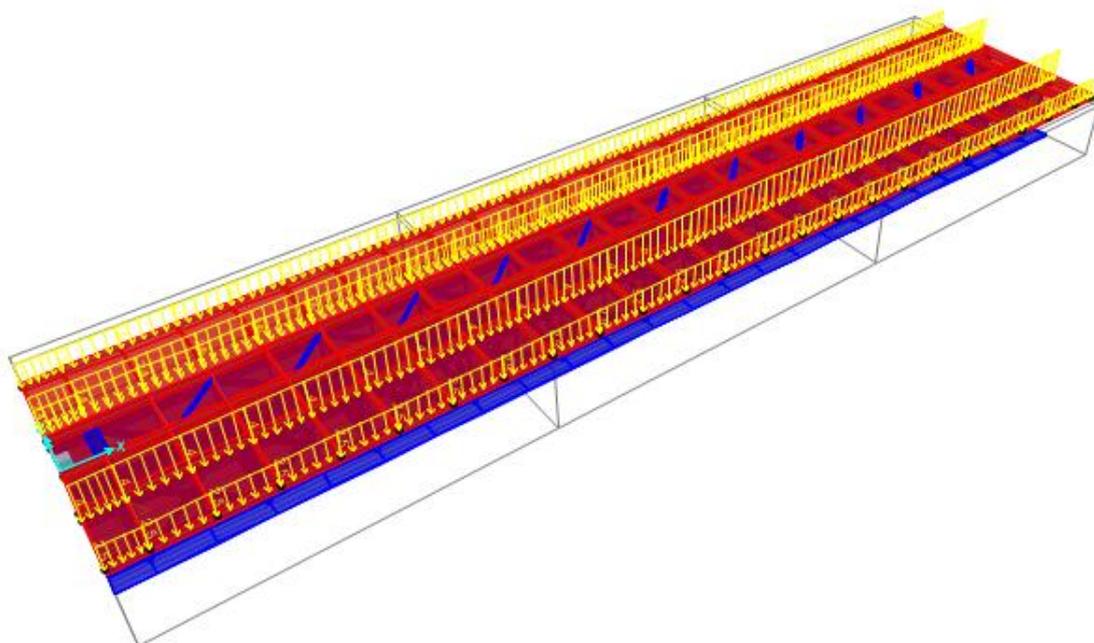
Si elencano di seguito i carichi permanenti portati.

	<i>impalcato 2 travi - L=45m</i>					
	<i>spessore</i>	<i>larghezza</i>	<i>area</i>	$\gamma$	<i>peso</i>	<i>peso</i>
	m	m	$\text{m}^2$	$\text{kN/m}^3$	$\text{kN/m}$	$\text{kN/m}^2$
<b>Cordolo destro</b>	0.14	0.4	0.06	25		3.5
<b>Cordolo sinistro</b>	0.14	0.82	0.11	25		3.5
<b>ballast + impermeabilizzazione sottoballast</b>	0.8	3.8	3.04	18		14.4
<b>canaletta</b>			0.08	25	2.1	
<b>muretti baraballast</b>			0.16	25	4.0	
<b>impermeabilizzazione marciapiedi</b>	0.052	1.83	0.10	24		1.2
<b>barriere antirumore</b>					15	
<b>velette</b>			0.10	25	2.5	

	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km 71+092					
Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede	COMMESSA <b>IV01</b>	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 B9 001	REV. A	FOGLIO 17 di 79

Si riporta l'assegnazione dei carichi al modello.

- Peso proprio della struttura della banchina, muretto paraballast e canaletta applicati come carichi lineari:

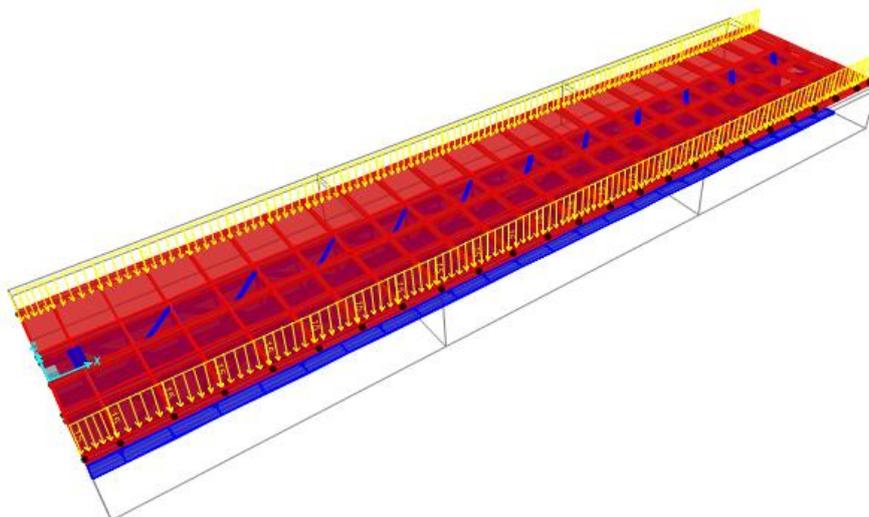


**Figura 9 – banchina e canaletta**

- Peso proprio delle barriere antirumore applicate come carichi distribuiti lineari:

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con  
marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	18 di 79

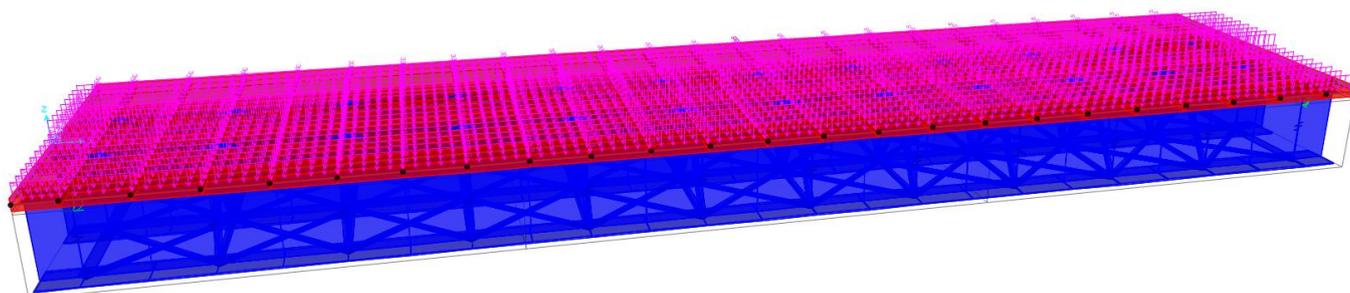


**Figura 10 – barriere antirumore**

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	19 di 79

- Peso del ballast, cordolo sinistro, impermeabilizzazione marciapiede e pavimentazione banchina applicati come carichi distribuiti su shell (area load):



**Figura 11 – area loads**

### 7.3 Azioni termiche (DT)

Essendo l'impalcato di tipo isostatico, come azione termica si considera un gradiente differenziale fra soletta e trave di  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

### 7.4 Azioni dovute a ritiro differenziale soletta-trave (E2)

Il ritiro è stato assegnato alla soletta superiore come deformazione,  $\varepsilon_{cs}$ , ed è stata calcolata secondo la procedura presente nel NTC2018.

La deformazione totale da ritiro si può esprimere come:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

dove:

$\varepsilon_{cs}$  è la deformazione totale per ritiro

$\varepsilon_{cd}$  è la deformazione per ritiro da essiccamento

$\varepsilon_{ca}$  è la deformazione per ritiro autogeno.

Per il calcolo si è assegnato il materiale della soletta con le seguenti caratteristiche:

#### Cls a t=0

$$R_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$$

*Resistenza a compressione cubica caratteristica*

$$f_{ck} = 37.35 \text{ N/mm}^2$$

*Resistenza a compressione cilindrica caratteristica*

$$f_{cm} = 45.35 \text{ N/mm}^2$$

*Resistenza a compressione cilindrica media*

$$\alpha = 1.0\text{E-}05$$

$$E_{cm} = 34625 \text{ N/mm}^2$$

*Modulo elastico secante medio*

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	21 di 79

### Tempo e ambiente

$t_s$	=	2	gg	<i>età del calcestruzzo in giorni, all'inizio del ritiro per essiccamento</i>
$t_0$	=	28	gg	<i>età del calcestruzzo in giorni al momento del carico</i>
$t$	=	255500000	gg	<i>età del calcestruzzo in giorni</i>
$h_0=2A_c/u$	=	677.0	mm	<i>dimensione fittizia dell'elemento di cls</i>
$A_c$	=	3900000	mm <sup>2</sup>	<i>sezione dell'elemento</i>
$u$	=	11520	mm	<i>perimetro a contatto con l'atmosfera</i>
RH	=	70	%	<i>umidità relativa percentuale</i>

Coefficiente di viscosità  $\phi(t, t_0)$  e modulo elastico  $EC_t$  a tempo "t"

$$\phi(t, t_0) = \phi_0 \beta_c(t, t_0) = 1.982$$

$$\phi_0 = \phi RH \beta_c(f_{cm}) \beta_c(t_0) = 82.93 \text{ coeff nominale di viscosità}$$

$$\phi_{RH} = 1 + \left[ \frac{1 - RH/100}{0.1 \sqrt[3]{h_0}} \alpha_1 \right] \alpha_2 = 1.271 \text{ coeff che tiene conto dell'umidità}$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.7} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.834 \text{ coeff per la resistenza del cls}$$

$$\alpha_2 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.2} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.950 \text{ coeff per la resistenza del cls}$$

$$\beta_c(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.495 \text{ coeff che tiene conto della resistenza del cls}$$

$$\beta_c(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})} = 0.475 \text{ coeff. per l'evoluzione della viscosità nel tempo}$$

$$t_o = t_0 \left( \frac{9}{2 + t_0^{1.2}} + 1 \right)^\alpha \geq 0.5 = 32.46 \text{ coeff. per la variabilità della viscosità nel tempo}$$

$$\alpha = 1 \text{ coeff per il tipo di cemento (-1 per classe S, 0 per classe N, 1 per classe R)}$$

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	22 di 79

$$\beta_c(t, t_0) = \left[ \frac{(t - t_0)}{(\beta_H + t - t_0)} \right]^{0.3} = 1.000 \text{ coeff per la variabilità della viscosità nel tempo}$$

$$\beta_H = 1.5[1 + (0.012 RH)^{18}] h_0 + 250\alpha_3 \leq 1500\alpha_3 = 1382.5 \text{ coeff che tiene conto dell'umidità relativa}$$

$$\alpha_3 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.5} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.879 \text{ coeff per la resistenza del calcestruzzo}$$

Il modulo elastico a tempo "t" è pari a:

$$E_{cm}(t, t_0) = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(t, t_0)} = 11611497 \text{ kN/m}^2$$

Deformazioni di ritiro

$$\varepsilon_s(t, t_0) = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0.000246 \text{ deformazione di ritiro } \varepsilon(t, t_0)$$

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) K_b \varepsilon_{cd,0} = 0.000178 \text{ deformazione al ritiro per essiccamento}$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \left[ \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0.04 \sqrt{h_0^3}} \right] = 0.999997$$

$$K_b = 0.7 \text{ parametro che dipende da } h_0 \text{ secondo il prospetto seguente}$$

Valori di  $K_b$  intermedi a quelli del prospetto vengono calcolati tramite interpolazione lineare

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.85 \left[ (200 + 100 \alpha_{ds1}) \exp(-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}) \right] 10^{-6} \beta_{RH} = 0.000254$$

deformazione di base

$$\beta_{RH} = 1.55 \left[ 1 - \left( \frac{RH}{RH0} \right)^3 \right] = 1.018350$$

$$f_{cm0} = 10 \text{ Mpa} \text{ pari sempre a } 10 \text{ Mpa}$$

$$RH0 = 100 \% \text{ pari sempre a } 10 \%$$

$$\alpha_{ds1} = 3 \text{ coeff per il tipo di cemento (3 per classe S, 4 per classe N, 6 per classe R)}$$

$$\alpha_{ds2} = 0.13 \text{ coeff per il tipo di cemento (0.13 per classe S, 0.12 per classe N, 0.11 per classe R)}$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca,00} = 0.000068 \text{ deformazione dovuta al ritiro autogeno}$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) = 1$$

$$\varepsilon_{ca00} = 2.5(f_{ck} - 10)10^{-6} = 0.000068$$

Tab. 11.2.Va – Valori di  $\varepsilon_{c0}$

$f_{ck}$	Deformazione da ritiro per essiccamento (in ‰)					
	Umidità Relativa (in ‰)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0,62	-0,58	-0,49	-0,30	-0,17	+0,00
40	-0,48	-0,46	-0,38	-0,24	-0,13	+0,00
60	-0,38	-0,36	-0,30	-0,19	-0,10	+0,00
80	-0,30	-0,28	-0,24	-0,15	-0,07	+0,00

Tab. 11.2.Vb – Valori di  $k_h$

$h_0$ (mm)	$k_h$
100	1,00
200	0,85
300	0,75
$\geq 500$	0,70

Figura 12 –valori tabellati di  $k_h$  e  $\varepsilon_{c0}$  secondo NTC2018

## 7.5 Carichi verticali mobili (treni di carico) ( $Q_{vk}$ )

Le azioni da traffico sono state applicate alla struttura utilizzando carichi tipo “Moving Load” imponendo che i modelli di carico possano muoversi lungo il viadotto.

Sono stati considerati i modelli di carico di normativa LM71 e SW2 (il modello SW0 è solo per le travi continue qualora più sfavorevole dell’LM71), descritti nelle seguenti figure:

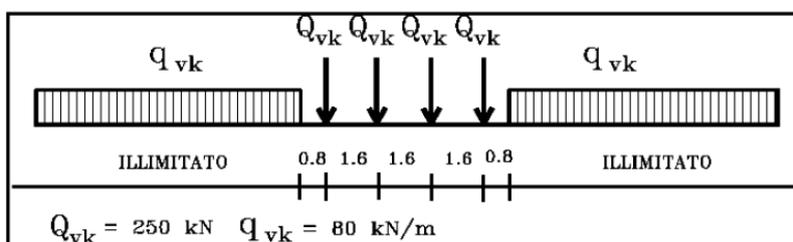


Figura 13 - modello di carico LM71

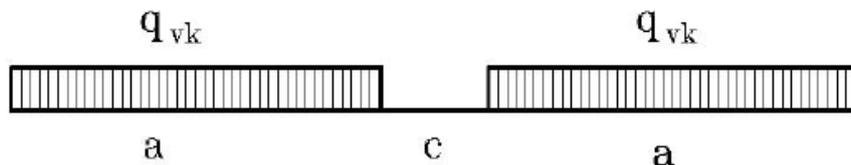


Figura 14 – modello di carico SW

Tipo di Carico	$q_{vk}$ [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

**B Vehicle Data** [X]

Vehicle Name: LM71 | Design Type: Vehicle Live | Units: KN, m, C

Source: User Defined | Convert to User Defined | Notes...

Length Effects: Axle: None | Uniform: None | Modify/Show...

Vehicle Location in Lane:
   
 Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only
   
Straddle Reduction Factor: [ ]
   
 Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

Usage:
   
 Lane Negative Moments at Supports
   
 Interior Vertical Support Forces
   
 All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load:
   
Lane Exterior Edge: 0. [ ]
   
Lane Interior Edge: 0. [ ]

Center of Gravity:
   
Height - Axle Loads: 0. [ ]
   
Height - Uniform Loads: 0. [ ]

Load Plan: [Diagram showing two red rectangles with four dots between them]

Load Elevation: [Diagram showing two red rectangles with four downward arrows between them]

Modify/Show Loads: Vertical Loading... | Horizontal Loading...

**B Vehicle Data** [X]

Vehicle Name: SW2 | Design Type: Vehicle Live | Units: KN, m, C

Source: User Defined | Convert to User Defined | Notes...

Length Effects: Axle: None | Uniform: None | Modify/Show...

Vehicle Location in Lane:
   
 Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only
   
Straddle Reduction Factor: 1. [ ]
   
 Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

Load Plan: [Diagram showing two red rectangles]

Load Elevation: [Diagram showing two red rectangles]

Modify/Show Loads: Vertical Loading... | Horizontal Loading...

I valori caratteristici sono stati amplificati tramite il coefficiente di adattamento  $\alpha$ , che per i ponti di categoria "A" come in questo caso, valgono:

$\alpha(\text{LM71})$	1.1
$\alpha(\text{SW2})$	1

I modelli di carico sono stati amplificati secondo i coefficienti di incremento dinamico:

$L_\phi$	45	m
$\phi_2$	1.04	alto standard manutentivo
$\phi_3$	1.06	ridotto standard manutentivo

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	26 di 79

In cui è stato assunto:

$$L\phi = Lc = 45 \text{ m}$$

Si riporta l'estratto dalle NTC2018 della procedura di calcolo dei coefficienti di incremento dinamico.

Per travi continue, salvo più precise determinazioni, L è da assumersi pari alla  $L_\phi$  definita come di seguito.

I coefficienti di incremento dinamico  $\Phi$  che aumentano l'intensità dei modelli di carico definiti in 5.2.2.2.1 si assumono pari a  $\Phi_2$  o  $\Phi_3$ , in dipendenza del livello di manutenzione della linea. In particolare, si assumerà:

(a) per linee con elevato standard manutentivo:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi - 0,2}} + 0,82 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67 \quad [5.2.6]$$

(b) per linee con ridotto standard manutentivo:

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00 \quad [5.2.7]$$

Gli schemi di carico verticale del traffico ferroviario, sono applicati al modello come "Moving Loads", secondo il seguente metodo in normativa:

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante <sup>(2)</sup>
		caso a <sup>(1)</sup>	caso b <sup>(1)</sup>	
1	Primo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0)	-	1,0 SW/2

<sup>(1)</sup> LM71<sup>++</sup> SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

(LM71) \*  $\alpha$  \*  $\phi$  per il traffico normale

(SW2) \*  $\alpha$  \*  $\phi$  per il traffico pesante



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA  
VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km 71+092

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	27 di 79

## 7.6 Carichi orizzontali

Le azioni orizzontali considerate sono:

- Azioni del vento (Q5);
- Frenatura / Avviamento (Qlk);
- Centrifuga (Qtk);
- Serpeggio (Qsk);
- Resistenze parassite nei vincoli (Qtk);
- Azioni sismiche (SIS)

Tali azioni non producono nello specifico sollecitazioni dimensionanti per le verifiche dell'impalcato in oggetto; esse saranno pertanto applicate per il solo calcolo degli scarichi sugli appoggi i cui valori sono esplicitati successivamente.

## 7.7 Effetti di interazione statica Treno-Binario-Struttura

Con riferimento alla valutazione degli effetti di Interazione Statica Treno-Binario-Struttura si rimanda ai documenti di calcolo delle sottostrutture.

## 8 SISMA

Lo spettro di risposta per l'impalcato in esame, dimensionante per le verifiche dei diaframmi e delle controventature inferiori, è stato definito mediante il figlio di calcolo "spettri".

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:

LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

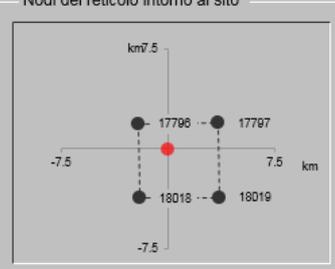


Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

Nodi del reticolo intorno al sito



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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	29 di 79

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

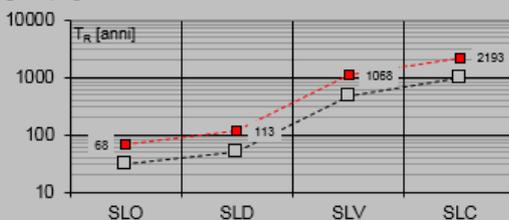
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

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

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato  info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo  info

$S_S = 1.200$   $C_C = 1.396$  info

Categoria topografica  info

$h/H = 0.000$   $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%)   $\eta = 0.816$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_s$   Regol. in altezza  info

Compon. verticale

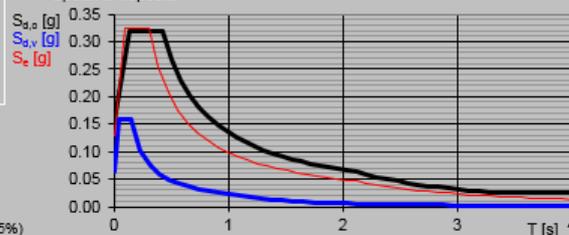
Spettro di progetto

Fattore  $q_v$    $\eta = 1.000$  info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



- Spettro di progetto - componente orizzontale
- Spettro di progetto - componente verticale
- Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

## 9 COMBINAZIONI

Si riportano le tabelle delle varie combinazioni di carico indicate dalla normativa in merito ai sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari.

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella seguente tabella:

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 1 - Valutazione dei carichi da traffico (da "Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei font ferroviari")

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	31 di 79

Nel seguito si riportano le combinazioni delle azioni da utilizzare.

- 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):

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km 71+092					
	Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede	COMMESSA <b>IV01</b>	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 B9 001	REV. A

## 10 VERIFICHE DELL'IMPALCATO ACCIAIO-CLS

La resistenza di calcolo della sezione di acciaio nei confronti delle tensioni normali è funzione della classificazione della sezione trasversale.

Nel caso di sezioni di classe 4 tale resistenza è valutata in campo elastico, tenendo conto degli effetti dell'instabilità locale.

La verifica è soddisfatta se risulta:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}^s}{f_{yk} \cdot A_{eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed}^s + N_{Ed}^s \cdot e_N}{f_{yk} \cdot W_{eff} / \gamma_{M0}} \leq 1,0$$

con

- $N_{Ed}^s$  e  $M_{Ed}^s$  sollecitazioni assiali e flessionali di progetto sulla sola parte metallica;
- $A_{eff}$  e  $W_{eff}$  proprietà efficaci della sezione trasversale;
- $e_N$  spostamento della posizione del baricentro;
- $\gamma_{M0}$  coefficiente parziale di sicurezza.

Nel caso di sezioni di classe 1,2 e 3 si fa riferimento, con espressioni analoghe, ai moduli plastici (classi 1 e 2) ed elastici (classe 3).

La sollecitazione tagliante è supposta agente solo sull'anima della trave metallica.

La resistenza di progetto a taglio è definita come (EN 1993-1-1, eq. (6.18)):

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} = A_v (f_{yk} / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$$

Qualora la resistenza sia determinata dall'instabilità dell'anima, ovvero nel caso in cui risulti (EN 1993-1-1, eq. (6.22)):

$$\frac{h_w}{t} > 72 \frac{\epsilon}{\eta}$$

dove:

- $\eta = 1,20$  per gradi di acciaio inferiori a S460;

- $h_w$  e  $t$  sono rispettivamente l'altezza e lo spessore dell'anima;

Allora la resistenza a taglio è determinata come (EN 1993-1-5 (eq 5.2)):

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} = \chi_w h_w t (f_{yk}/\sqrt{3}) / \gamma_{M1}$$

dove:

- $\chi_w$  determinato secondo EN 1993-1-5 Tabella 5.1;
- $\gamma_{M1}$  è il fattore parziale di sicurezza.

Il contributo delle flange e della soletta composita viene sempre ignorato.

La verifica a taglio è posta in forma adimensionale come rapporto tra le azioni sollecitanti e la capacità resistente:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0$$

dove  $V_{Ed}$  è la sollecitazione tagliante di progetto.

Per valori di  $\bar{\eta}_3$  inferiori a 0,5 non è necessario controllare l'interazione tra le sollecitazioni normali e tangenziali; per valori superiori si adotta la seguente espressione del dominio di resistenza (EN 1993-1-2006,7.1 (1)):

$$\bar{\eta}_1 + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}\right) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2 \leq 1,0$$

in cui

- $M_{f,Rd}$  è il momento resistente di progetto delle sole flange efficaci;
- $M_{pl,Rd}$  è la resistenza plastica della sezione trasversale composta dall'area effettiva delle flange e dall'intera anima senza tener conto della classe di quest'ultima.
- $\bar{\eta}_1 = \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}}$



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA  
VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km 71+092

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	34 di 79

- $$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}}$$

## 10.1 COMBINAZIONI SLU - SLV

Le combinazioni di carico adottate per le verifiche di resistenza agli SLU sono le seguenti:

$$\text{➤ } F_d = 1,35 \cdot G_1 + 1,5 \cdot G_2 + 1,45 Q_k + 1,20 \cdot \varepsilon_2 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \varepsilon_3$$

essendo:

- $G_1$  pesi propri;
- $G_2$  carichi permanenti portati;
- $Q_k$  azioni variabili da traffico;
- $\varepsilon_2$  ritiro del calcestruzzo;
- $\varepsilon_3$  (-10 °C) variazione termica differenziale **negativa**;

$$\text{➤ } F_d = 1,35 \cdot G_1 + 1,5 \cdot G_2 + 1,45 Q_k + 1,20 \cdot \varepsilon_2 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \varepsilon_3$$

- $\varepsilon_3$  (+10 °C) variazione termica differenziale **positiva**;

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	36 di 79

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ce}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

## 10.2 SOLLECITAZIONI SLU

Si riportano le i risultati in termini di sollecitazioni, della trave più caricata (trave sinistra).

FASE GETTO:

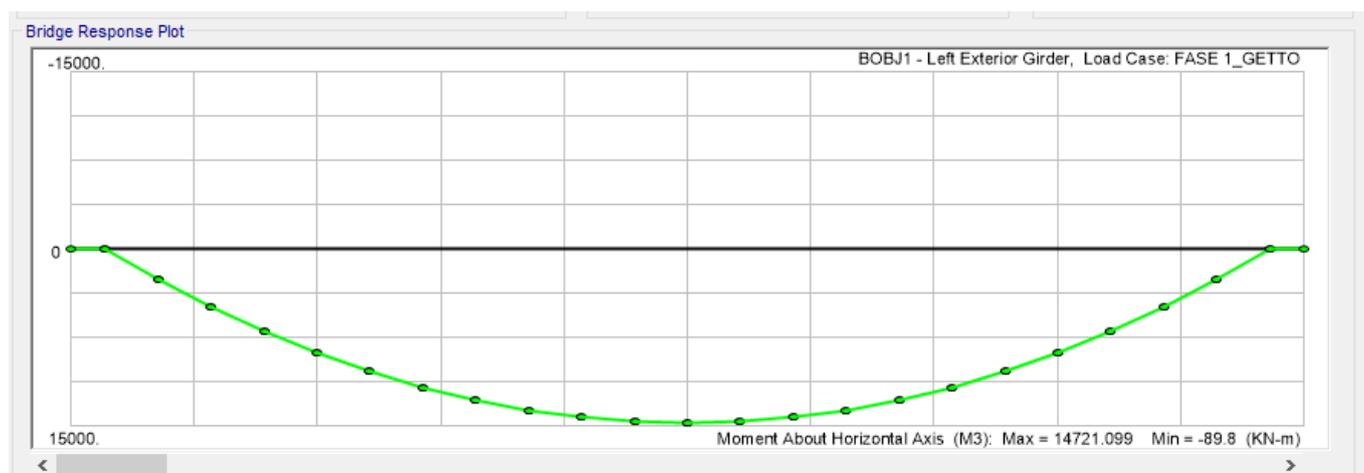


Figura 15 - Momento (kNm)

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	37 di 79

Bridge Response Plot

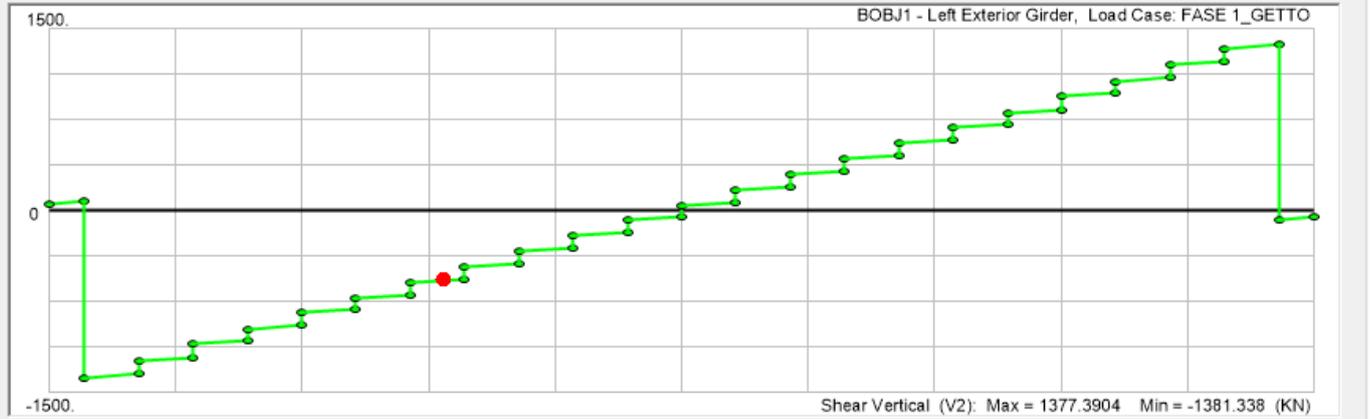
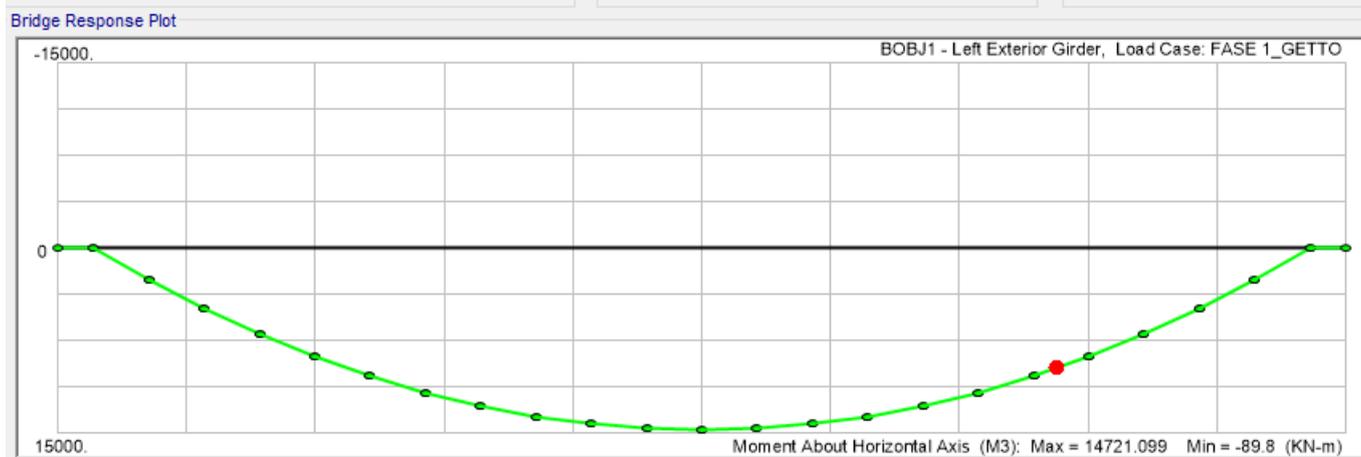


Figura 16 - taglio (kN)

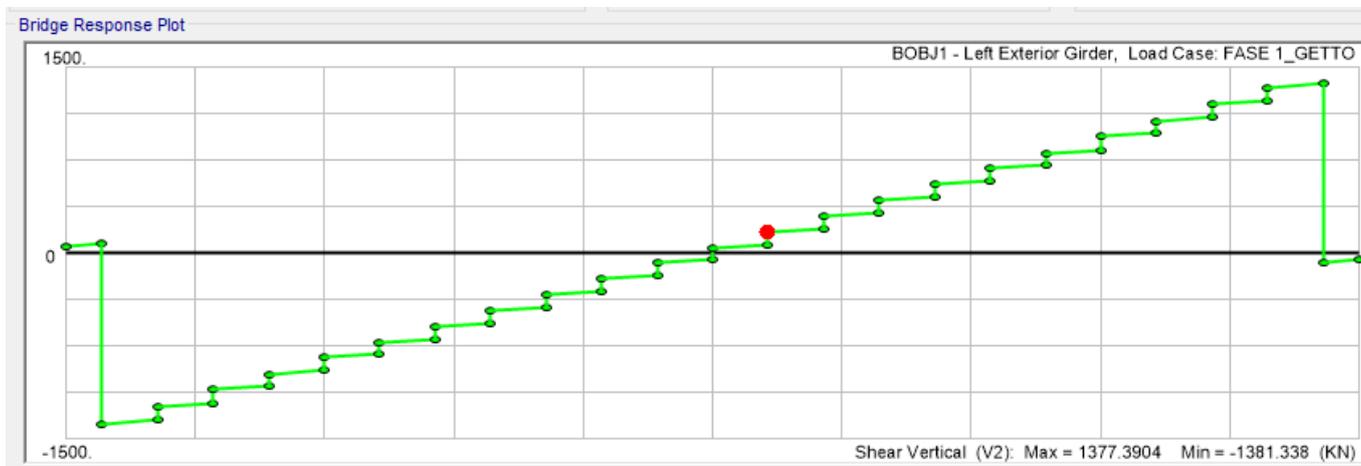
Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	38 di 79

**FASE BREVE TERMINE:**



**Figura 17 - Momento (kNm)**

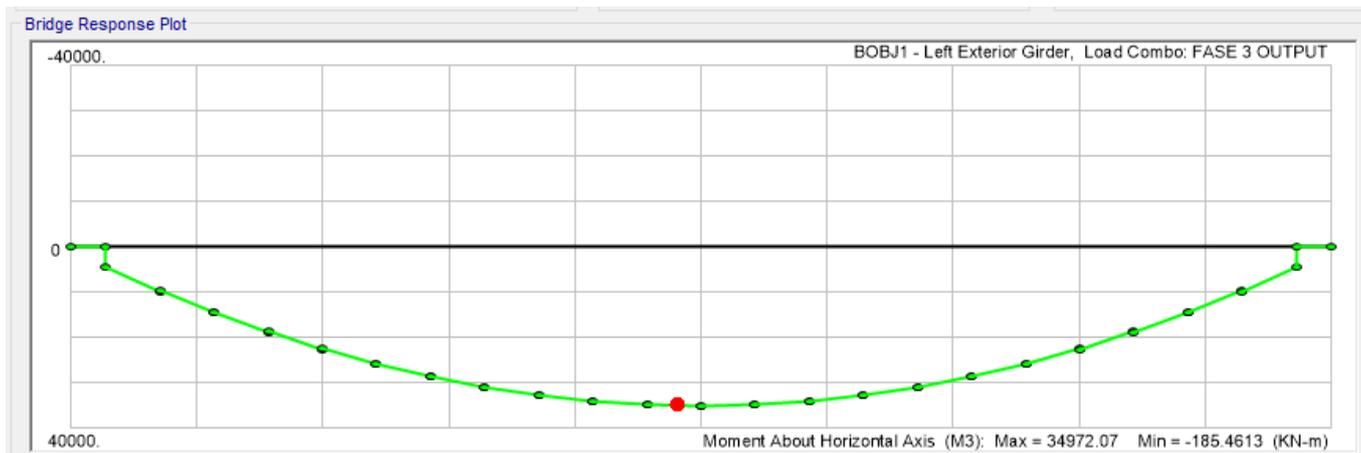


**Figura 18 - taglio (kN)**

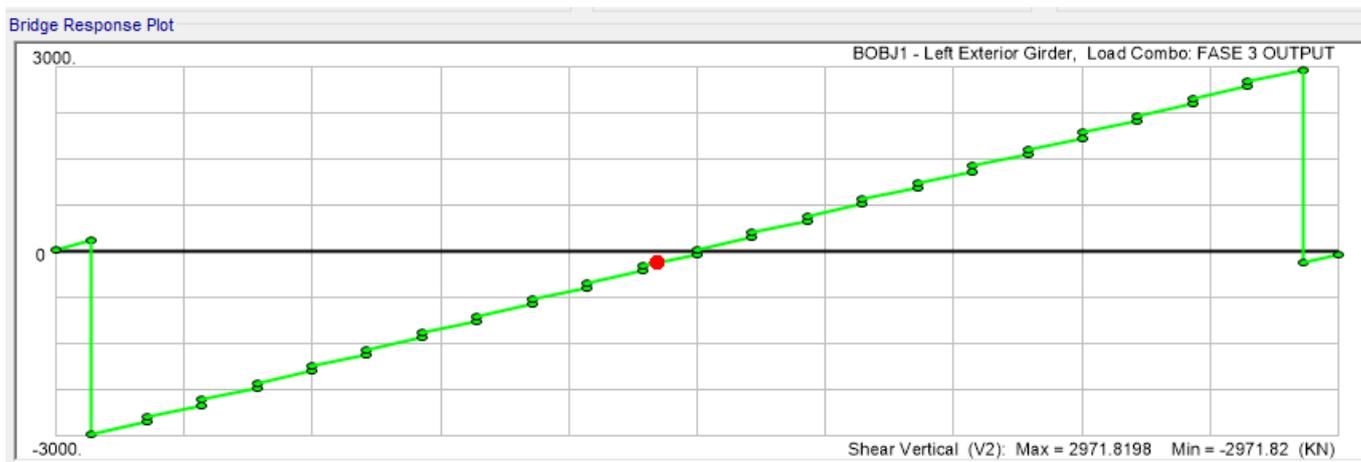
Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	39 di 79

**FASE LUNGO TERMINE:**



**Figura 19 - Momento (kNm)**



**Figura 20 - taglio (kN)**

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	40 di 79

### 10.3 Verifiche in condizioni SLU

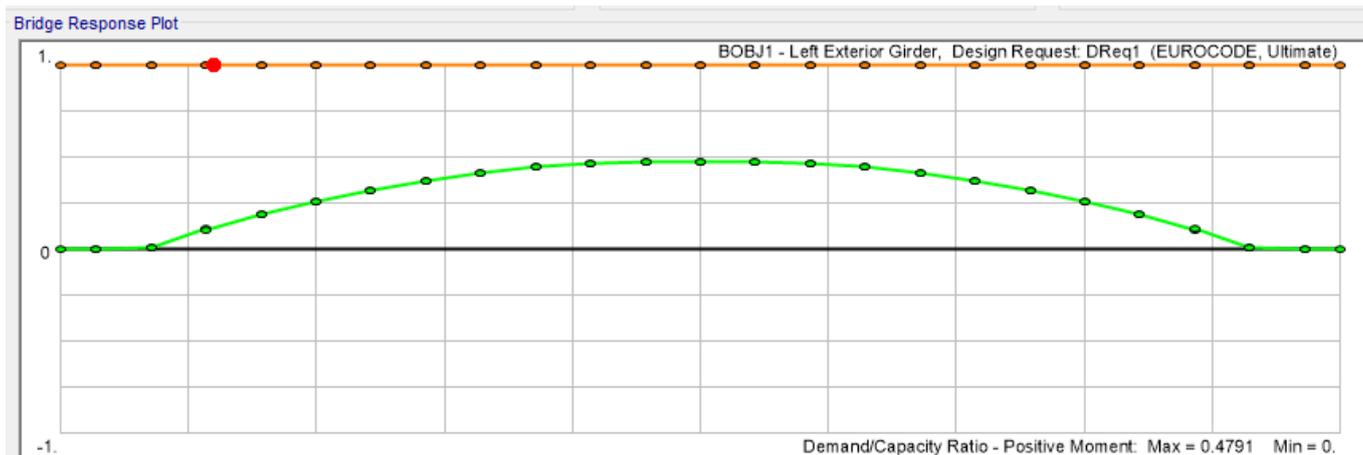


Figura 21 - Verifica momento

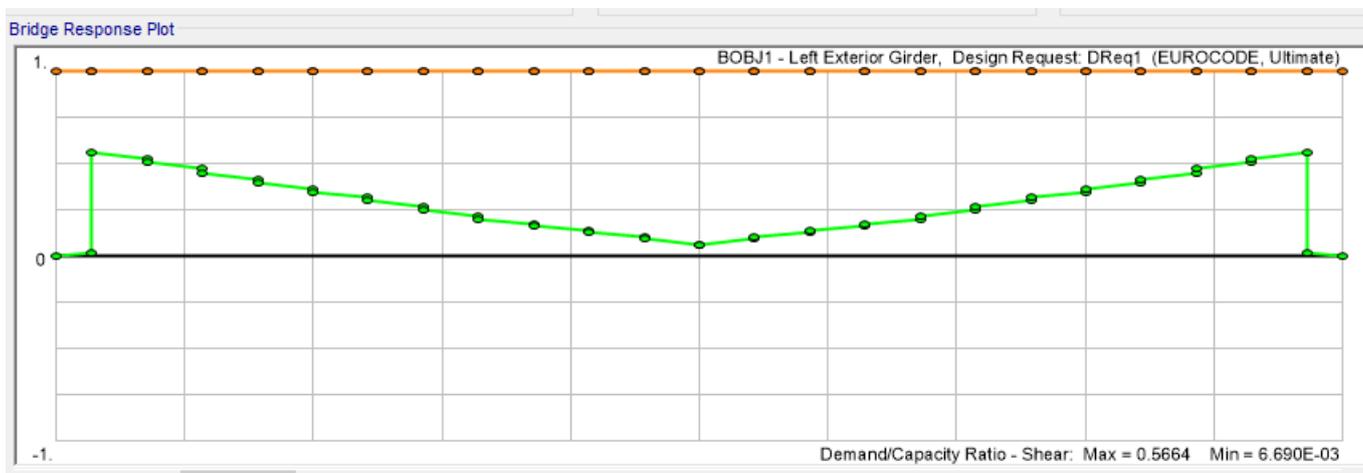


Figura 22 - Verifica taglio

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	41 di 79

Bridge Response Plot

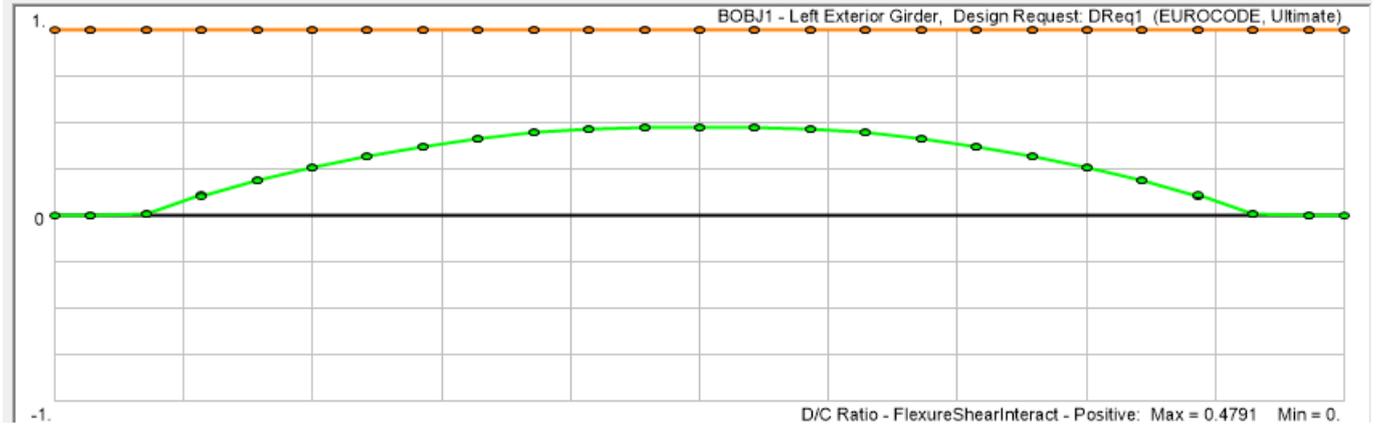


Figura 23 - Verifica interazione taglio/momento positivo

TABLE: Bridge Super Design EUROCODE 14 - SteelCompUltimate-FlxPos												
DesReqName	Station	Girder	GirderDist	DSet	CodeEqn	MuPos	MrPos	Pu	MuNonComp	MuLTerm	MuSTerm	DCRatio
Text	m	Text	m	Text	Text	KN-m	KN-m	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Unitless
DReq1	0	Left Exterior Girder	0	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	0	113462	4	-6	0	0	0
DReq1	0	Right Exterior Girder	0	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	6	110403	-4	6	0	0	5E-05
DReq1	1.25	Left Exterior Girder	1.25	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	0	113462	12	-216	0	37	0
DReq1	1.25	Right Exterior Girder	1.25	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	0	110403	0	-80	0	23	0
DReq1	1.25	Left Exterior Girder	1.25	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	0	113462	19711	-3457	0	-7004	0
DReq1	1.25	Right Exterior Girder	1.25	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	0	110403	19377	-3400	0	-6767	0
DReq1	3.18	Left Exterior Girder	3.18	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	1785	113462	23333	4421	0	-2636	0.0157
DReq1	3.18	Right Exterior Girder	3.18	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	1240	110403	23379	3688	0	-2449	0.0112
DReq1	3.18	Left Exterior Girder	3.18	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	1764	113462	23353	4374	0	-2610	0.0155
DReq1	3.18	Right Exterior Girder	3.18	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	1259	110403	23351	3735	0	-2476	0.0114
DReq1	5.11	Left Exterior Girder	5.11	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	12608	113462	23362	11462	0	1146	0.1111

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	42 di 79

DReq1	5.11	Right Exterior Girder	5.11	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	11438	110403	23336	10203	0	1235	0.1036
DReq1	5.11	Left Exterior Girder	5.11	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	12199	113462	23237	11103	0	1096	0.1075
DReq1	5.11	Right Exterior Girder	5.11	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	11414	110403	23331	10304	0	1110	0.1034
DReq1	7.045	Left Exterior Girder	7.045	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	21806	113462	23257	17392	0	4414	0.1922
DReq1	7.045	Right Exterior Girder	7.045	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	20569	110403	23305	16161	0	4408	0.1863
DReq1	7.045	Left Exterior Girder	7.045	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	21783	113462	23285	17354	0	4429	0.192
DReq1	7.045	Right Exterior Girder	7.045	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	20592	110403	23274	16200	0	4392	0.1865
DReq1	8.98	Left Exterior Girder	8.98	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	30171	113462	23321	22892	0	7278	0.2659
DReq1	8.98	Right Exterior Girder	8.98	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	28627	110403	23239	21390	0	7237	0.2593
DReq1	8.98	Left Exterior Girder	8.98	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	29827	113462	23239	22574	0	7253	0.2629
DReq1	8.98	Right Exterior Girder	8.98	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	28696	110403	23234	21528	0	7168	0.2599
DReq1	10.91	Left Exterior Girder	10.91	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	36975	113462	23283	27344	0	9631	0.3259
DReq1	10.91	Right Exterior Girder	10.91	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	35572	110403	23189	26019	0	9554	0.3222
DReq1	10.91	Left Exterior Girder	10.91	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	36940	113462	23329	27311	0	9630	0.3256
DReq1	10.91	Right Exterior Girder	10.91	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	35607	110403	23144	26052	0	9555	0.3225
DReq1	12.84	Left Exterior Girder	12.84	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	42898	113462	23374	31350	0	11549	0.3781
DReq1	12.84	Right Exterior Girder	12.84	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	41346	110403	23099	29863	0	11483	0.3745
DReq1	12.84	Left Exterior Girder	12.84	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	42635	113462	23332	31107	0	11528	0.3758
DReq1	12.84	Right Exterior Girder	12.84	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	41416	110403	23091	29974	0	11442	0.3751

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	43 di 79

DReq1	14.77	Left Exterior Girder	14.77	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	47397	113462	23373	34408	0	12989	0.4177
DReq1	14.77	Right Exterior Girder	14.77	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	45998	110403	23050	33085	0	12914	0.4166
DReq1	14.77	Left Exterior Girder	14.77	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	47370	113462	23409	34385	0	12985	0.4175
DReq1	14.77	Right Exterior Girder	14.77	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	46025	110403	23014	33107	0	12917	0.4169
DReq1	16.7	Left Exterior Girder	16.7	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	50949	113462	23442	36959	0	13990	0.449
DReq1	16.7	Right Exterior Girder	16.7	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	49463	110403	22980	35535	0	13929	0.448
DReq1	16.7	Left Exterior Girder	16.7	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	50791	113462	23410	36810	0	13981	0.4476
DReq1	16.7	Right Exterior Girder	16.7	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	49507	110403	22962	35600	0	13907	0.4484
DReq1	18.64	Left Exterior Girder	18.635	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	53178	113462	23435	38649	0	14529	0.4687
DReq1	18.64	Right Exterior Girder	18.635	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	51792	110403	22937	37330	0	14462	0.4691
DReq1	18.64	Left Exterior Girder	18.635	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	53165	113462	23455	38638	0	14528	0.4686
DReq1	18.64	Right Exterior Girder	18.635	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	51805	110403	22917	37342	0	14463	0.4692
DReq1	20.57	Left Exterior Girder	20.57	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	54364	113462	23471	39745	0	14619	0.4791
DReq1	20.57	Right Exterior Girder	20.57	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	52941	110403	22901	38386	0	14556	0.4795
DReq1	20.57	Left Exterior Girder	20.57	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	54331	113462	23457	39699	0	14633	0.4789
DReq1	20.57	Right Exterior Girder	20.57	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	52977	110403	22882	38410	0	14567	0.4799
DReq1	22.5	Left Exterior Girder	22.5	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	54329	113462	23460	40063	0	14266	0.4788
DReq1	22.5	Right Exterior Girder	22.5	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	52953	110403	22875	38752	0	14201	0.4796
DReq1	22.5	Left Exterior Girder	22.5	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	54329	113462	23460	40063	0	14266	0.4788

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	44 di 79

DReq1	22.5	Right Exterior Girder	22.5	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	52953	110403	22875	38752	0	14201	0.4796
DReq1	24.43	Left Exterior Girder	24.43	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	54332	113462	23457	39699	0	14633	0.4789
DReq1	24.43	Right Exterior Girder	24.43	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	52977	110403	22882	38410	0	14567	0.4799
DReq1	24.43	Left Exterior Girder	24.43	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	54363	113462	23471	39745	0	14618	0.4791
DReq1	24.43	Right Exterior Girder	24.43	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	52941	110403	22901	38386	0	14556	0.4795
DReq1	26.37	Left Exterior Girder	26.365	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	53165	113462	23455	38638	0	14527	0.4686
DReq1	26.37	Right Exterior Girder	26.365	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	51805	110403	22917	37342	0	14463	0.4692
DReq1	26.37	Left Exterior Girder	26.365	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	53178	113462	23435	38649	0	14529	0.4687
DReq1	26.37	Right Exterior Girder	26.365	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	51792	110403	22937	37330	0	14462	0.4691
DReq1	28.3	Left Exterior Girder	28.3	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	50790	113462	23410	36810	0	13980	0.4476
DReq1	28.3	Right Exterior Girder	28.3	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	49507	110403	22962	35600	0	13907	0.4484
DReq1	28.3	Left Exterior Girder	28.3	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	50950	113462	23442	36959	0	13991	0.449
DReq1	28.3	Right Exterior Girder	28.3	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	49463	110403	22980	35535	0	13929	0.448
DReq1	30.23	Left Exterior Girder	30.23	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	47370	113462	23409	34385	0	12985	0.4175
DReq1	30.23	Right Exterior Girder	30.23	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	46025	110403	23014	33107	0	12917	0.4169
DReq1	30.23	Left Exterior Girder	30.23	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	47397	113462	23373	34408	0	12989	0.4177
DReq1	30.23	Right Exterior Girder	30.23	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	45998	110403	23050	33085	0	12913	0.4166
DReq1	32.16	Left Exterior Girder	32.16	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	42635	113462	23332	31107	0	11528	0.3758
DReq1	32.16	Right Exterior Girder	32.16	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	41416	110403	23091	29974	0	11442	0.3751

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	45 di 79

DReq1	32.16	Left Exterior Girder	32.16	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	42898	113462	23374	31350	0	11549	0.3781
DReq1	32.16	Right Exterior Girder	32.16	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	41346	110403	23099	29863	0	11483	0.3745
DReq1	34.09	Left Exterior Girder	34.09	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	36941	113462	23329	27311	0	9630	0.3256
DReq1	34.09	Right Exterior Girder	34.09	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	35607	110403	23144	26052	0	9555	0.3225
DReq1	34.09	Left Exterior Girder	34.09	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	36975	113462	23283	27344	0	9631	0.3259
DReq1	34.09	Right Exterior Girder	34.09	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	35572	110403	23189	26019	0	9554	0.3222
DReq1	36.02	Left Exterior Girder	36.02	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	29827	113462	23239	22574	0	7253	0.2629
DReq1	36.02	Right Exterior Girder	36.02	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	28696	110403	23234	21528	0	7168	0.2599
DReq1	36.02	Left Exterior Girder	36.02	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	30171	113462	23321	22892	0	7278	0.2659
DReq1	36.02	Right Exterior Girder	36.02	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	28627	110403	23239	21390	0	7237	0.2593
DReq1	37.96	Left Exterior Girder	37.955	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	21783	113462	23285	17354	0	4429	0.192
DReq1	37.96	Right Exterior Girder	37.955	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	20592	110403	23274	16200	0	4392	0.1865
DReq1	37.96	Left Exterior Girder	37.955	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	21806	113462	23257	17392	0	4414	0.1922
DReq1	37.96	Right Exterior Girder	37.955	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	20569	110403	23305	16161	0	4408	0.1863
DReq1	39.89	Left Exterior Girder	39.89	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	12199	113462	23237	11103	0	1096	0.1075
DReq1	39.89	Right Exterior Girder	39.89	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	11414	110403	23331	10304	0	1110	0.1034
DReq1	39.89	Left Exterior Girder	39.89	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	12608	113462	23362	11462	0	1146	0.1111
DReq1	39.89	Right Exterior Girder	39.89	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	11438	110403	23336	10203	0	1235	0.1036
DReq1	41.82	Left Exterior Girder	41.82	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	1764	113462	23353	4374	0	-2610	0.0155

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	46 di 79

DReq1	41.82	Right Exterior Girder	41.82	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	1259	110403	23351	3735	0	-2476	0.0114
DReq1	41.82	Left Exterior Girder	41.82	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	1785	113462	23333	4421	0	-2636	0.0157
DReq1	41.82	Right Exterior Girder	41.82	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	1240	110403	23379	3688	0	-2449	0.0112
DReq1	43.75	Left Exterior Girder	43.75	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	0	113462	23317	-3457	0	-5307	0
DReq1	43.75	Right Exterior Girder	43.75	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	0	110403	23402	-3400	0	-4893	0
DReq1	43.75	Left Exterior Girder	43.75	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	0	113462	0	-216	0	-118	0
DReq1	43.75	Right Exterior Girder	43.75	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	0	110403	-12	-80	0	-132	0
DReq1	45	Left Exterior Girder	45	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	0	113462	8	-6	0	3	0
DReq1	45	Right Exterior Girder	45	DSet1	EN 1994-2 6.2.1.1 (1), gammaM=1	6	110403	-4	6	0	0	5E-05

## 10.4 Verifica dei pioli

Il sistema di collegamento e collaborazione strutturale è realizzato mediante degli elementi connettori a piolo tipo Nelson Ø 22 mm in acciaio S235J2G3 saldati all'ala superiore delle travi in acciaio.

Si ipotizza la realizzazione di un sistema di piolatura in grado di assicurare un grado di connessione  $\eta$  pari a 1.

$$d = 22 \text{ mm}$$

diametro pioli tipo "Nelson"

$$f_t = 450 \text{ N/mm}^2$$

resistenza a rottura acciaio del piolo

$$\gamma_v = 1.25$$

coefficiente parziale di sicurezza

$$\alpha = 1.0$$

larghezza destra

$$P_{Rda} = 0.8 \pi \frac{f_t d^2}{4 \gamma_v} = 109 \text{ kN}$$

resistenza di progetto piolo lato acciaio

$$P_{Rdc} = 0.29 \alpha d^2 \frac{\sqrt{f_{ck} E_{cm}}}{\gamma_v} = 127 \text{ kN}$$

resistenza di progetto piolo lato cls

$$P_{Rd} = \min(P_{Rda}, P_{Rdc}) = 109 \text{ kN}$$

resistenza di progetto piolo

Secondo C4.3.4.3.1.1, la spaziatura massima tra i connettori deve essere pari a:

$$s_{MAX} = 22 \cdot t_f \cdot \sqrt{235/f_{yk}}$$

per le travi collaboranti con solette piene.

Quindi per  $t_f = 50\text{mm}$  (flangia superiore) si ha:

$$s_{max} = 950\text{mm}$$

Si verificano i pioli secondo C4.3.4.3.3.

La verifica è stata effettuata secondo le seguenti ipotesi:

- A favore di sicurezza lo spessore della soletta scelto è quello minimo, essendo la sezione variabile
- La larghezza efficace della soletta è stata calcolata secondo la formula di EC2

$$b_{eff} = b_0 + b_{e1} + b_{e2}$$

in cui:

$b_{ei}$  è il valore minore tra la  $L/8$  per  $L$  della trave e  $i/2$  dove  $i$  è l'interasse tra le travi.

fyk	tensione caratteristica acciaio S355	355	MPa
fsk	tensione caratteristica acciaio B450C	450	MPa
fck	resistenza caratteristica cls C35/45	45	MPa
$\gamma_a$	fattore parziale acciaio S355	1.05	
$\gamma_s$	fattore parziale acciaio B450C	1.15	
$\gamma_c$	fattore parziale cls C35/45	1.5	
sp	spessore soletta	0.35	m
d	diametro armatura	18	mm
p	passo armatura	0.1	m
n	numero strati	2	armatura
b <sub>eff</sub>	larghezza efficace	3.875	m
A <sub>a</sub>	area del profilo in acciaio	0.140	m <sup>2</sup>
A <sub>c</sub>	area della soletta	1.35625	m <sup>2</sup>
A <sub>se</sub>	area armatura	0.020	m <sup>2</sup>
V <sub>ld</sub>	forza di scorrimento campata esterna C4.3.3	42301	kN
V <sub>ld</sub>	forza di scorrimento campata interna C4.3.4	50018	kN
L	lunghezza trave campata esterna	45	m
k <sub>p</sub>	numero di pioli per riga	3	
F <sub>pn</sub>	resistenza caratteristica piolo	109	kN
n <sub>p min</sub>	numero minimo di righe	129.36	
n <sub>p</sub>	numero di righe	130	
<b>p</b>	<b>passo</b>	<b>0.3</b>	<b>m</b>
L	lunghezza trave campata interna	45	m
k <sub>p</sub>	numero di pioli per riga	3	
F <sub>pn</sub>	resistenza caratteristica piolo	109	kN



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA  
VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km 71+092

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	49 di 79

np min	numero minimo di righe	152.96	
np	numero di righe	153	
<b>p</b>	<b>passo</b>	<b>0.3</b>	<b>m</b>

Si adotta [passo 0.3m.](#)

## 11 VERIFICHE ALLO SL DI FATICA

Si effettua la verifica a fatica per i dettagli costruttivi in condizioni più gravose considerando come carico di fatica il modello di carico LM71.

Per la definizione della verifica in esame, si riporta a seguire, per maggior chiarezza di esposizione, il testo della norma:

E' possibile ricondurre la verifica a fatica ad una verifica convenzionale di resistenza, confrontando il delta ideale convenzionale di tensione di progetto,  $\Delta\sigma_{E,d}$ , descritto nel seguito, con la classe del particolare  $\Delta\sigma_c$ .

Il delta di tensione convenzionale di calcolo  $\Delta\sigma_{E,d}$  è dato da:

$$\Delta\sigma_{E,d} = \lambda \cdot \Phi_2 \cdot \Delta\sigma_{71}$$

Per essere in sicurezza nei riguardi della fatica dovrà verificarsi la seguente condizione:

$$\Delta\sigma_{E,d} \leq \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}}$$

Esprimibile con identica forma anche in termini di tensioni tangenziali:

$$\Delta\tau_{E,d} \leq \frac{\Delta\tau_c}{\gamma_{Mf}}$$

Dove:

$\lambda$  è un fattore di correzione i cui valori numerici sono definiti in 2.7.1.2.1;

$\Delta\sigma_{71}$  è la differenza di tensione tra i valori estremi  $\sigma_{max}$  e  $\sigma_{min}$  dovuti a sovraccarico teorico di calcolo adottato per il ponte (LM71) posto nella posizione più sfavorevole;

$\Delta\sigma_c$  è la resistenza alla fatica corrispondente a  $2 \times 10^6$  cicli da ricavare sulle curve SN corrispondenti al particolare strutturale esaminato 2.7.1.1.5-1;

$\Phi_2$  è il coefficiente di incremento dinamico del sovraccarico teorico valutato mediante la seguente formula:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,20} + 0,82 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$$

Dove  $L_{\Phi}$  rappresenta la lunghezza “caratteristica” in metri, così come definita in Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1.

I coefficienti di incremento dinamico sono stabiliti con riferimento a travi semplicemente appoggiate. La lunghezza  $L_{\Phi}$  permette di estendere l’uso di questi coefficienti ad altre tipologie strutturali.

Ove le sollecitazioni agenti in un elemento strutturale dipendessero da diversi termini ciascuno dei quali

afferre a componenti strutturali distinti, ognuno di questi termini dovrà calcolarsi utilizzando la lunghezza caratteristica  $L_{\Phi}$  appropriata.

Per  $\gamma_{MF}$  vale quanto detto al Paragrafo 2.7.1.1.4.

Il fattore di correzione è dato dalla seguente formula:

$$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \text{ ma } \lambda \leq \lambda_{\max}$$

Dove:

$\lambda_1$  è un fattore che, per differenti tipi di travature, porta in conto l’effetto di danneggiamento dovuto al traffico e dipende dalla lunghezza di influenza caratteristica dell’elemento da verificare;

$\lambda_2$  è un fattore che porta in conto il volume di traffico (definito in 2.7.1.2.2);

$\lambda_3$  è un fattore che porta in conto la vita di progetto del ponte (definito in 2.7.1.2.3);

$\lambda_4$  è un fattore da applicarsi quando l’elemento strutturale è caricato da più di un binario (definito in 2.7.1.2.4).

Il valore del fattore di campata  $\lambda_1$ , corrispondente alla combinazione di carico “standard” può essere ottenuto dalla Tabella 2.7.1.2.1-1.

L [m]	$\lambda_1$
50,0	0,63
60,0	0,63
70,0	0,62
80,0	0,61
90,0	0,61
100,0	0,60

7.1.2.1-1 – Valori di  $\lambda_1$  in funzione

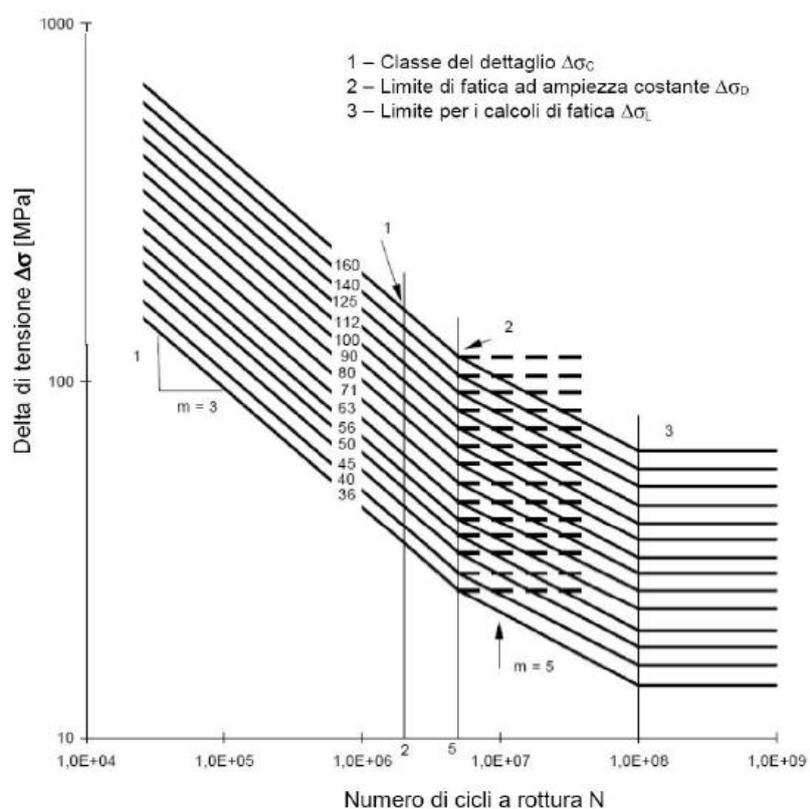
Figura 24 - valori estratti relativi al calcolo di  $\lambda_1$

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	52 di 79

PER STATI TENSIONALI PROVENIENTI DA SOLLECITAZIONI DI FLESSIONE:			
		Per:	Luce L da considerare
1		una campata semplicemente appoggiata	luce della campata L

**Figura 25 - luce di calcolo per lo schema di trave adottata**



*Fig. 2.7.1.1.5-1 - Curve S-N per dettagli / elementi soggetti a tensioni normali*

**Figura 26 - Curva per il calcolo di  $\Delta\sigma_c$**

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	53 di 79

## 11.1 Sezione di giunto della trave principale

Si effettua la verifica della sezione di giunto saldato della trave, utilizzando a favore di sicurezza l'aliquota maggiore di  $\Delta\sigma_{71}$  riscontrata lungo tutta la trave.

$\phi_2 * \Delta\sigma_{71}$	51	MPa
------------------------------	----	-----

in cui:

$\phi_2$	1.04	-
$L_\phi$	45	m

con:

$$\phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi - 0,2}} + 0,82 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \phi_2 \leq 1,67$$

Ne consegue che

$\Delta\sigma_{e,d} = \lambda * \phi_2 * \Delta\sigma_{71}$	33.5	MPa
---	------	-----

$k_s * \Delta\sigma_c / \gamma_{mf}$	72.9	MPa
--------------------------------------	------	-----

$\Delta\sigma_{e,d} < k_s * \Delta\sigma_c / \gamma_{mf}$	verificato	
---	------------	--

in cui:

$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4$	0.63	-
$\lambda_1$	0.63	(per $L_i = 55m$ )
$\lambda_2$	1.0	( $25 \times 10$ t/anno)
$\lambda_3$	1.0	( $V_u = 100$ anni)
$\lambda_4$	1.0	un solo binario
$\Delta\sigma_c$	125	Mpa

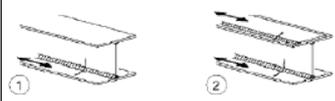
$\gamma_{mf}$	1.35	-
$k_s$	0.79	-

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	54 di 79

$\Delta\sigma_c = 125 \text{ MPa}$  (saldatura automatica a piena penetrazione tab. 2-2.)

Tab. 2-2 – Dettagli costruttivi per sezioni saldate ( $\Delta\sigma$ )

Class e del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	requisiti
125		<p>Saldatura longitudinale continue</p> <p>1) Saldatura automatica a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati</p> <p>2) Saldatura automatica a cordoni d'angolo. Le parti terminali dei piatti di rinforzo devono essere verificate considerando i dettagli 6) e 7) della tabella 2-5.a</p>	<p>1) e 2) Non sono consentite interruzioni/ripreses, a meno che la riparazione sia eseguita da un tecnico qualificato e siano eseguiti controlli atti a verificare la corretta esecuzione della riparazione</p>

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	55 di 79

## 11.2 Sezione di attacco piattabanda inferiore e anima agli irrigidenti trasversali

Si effettua la verifica della sezione di giunto saldato della piattabanda inferiore con irrigidimento trasversale, utilizzando a favore di sicurezza l'aliquota maggiore di  $\Delta\sigma_{71}$  riscontrata lungo tutta la trave.

Spessore irrigidimento = 25 mm

Spessore piattabanda inferiore = 60 mm

Spessore anima = 30 mm

(Nel calcolo di  $K_s$  si considera a favore di sicurezza lo spessore maggiore.)

$\phi_2 * \Delta\sigma_{71}$	53	MPa
------------------------------	----	-----

in cui:

$\phi_2$	1.04	-
$L_\phi$	45	m

con:

$$\phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,82 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \phi_2 \leq 1,67$$

Ne consegue che

$\Delta\sigma_{e,d} = \lambda * \phi_2 * \Delta\sigma_{71}$	33.5	MPa
---	------	-----

$ks * \Delta\sigma_c / \gamma_{mf}$	46.7	MPa
-------------------------------------	------	-----

$\Delta\sigma_{e,d} < ks * \Delta\sigma_c / \gamma_{mf}$	verificato	
--	------------	--

in cui:

$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4$	0.63	-
$\lambda_1$	0.63	(per $L_i = 55m$ )
$\lambda_2$	1.0	(25x10 t/anno)

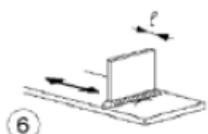
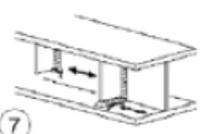
Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	56 di 79

$\lambda_3$	1.0	(Vu = 100 anni)
$\lambda_4$	1.0	un solo binario
$\Delta\sigma$	80	Mpa

$\gamma_{mf}$	1.35	-
ks	0.79	-

$\Delta\sigma = 80$  MPa (saldatura attacchi trasversali tab. 2-2.)

80 (a)		<p><b>Attacchi trasversali</b></p> <p>6) saldati a piastra 7) nervature verticali saldate a un profilo o a una trave composta 8) diagrammi di travi a cassone composte, saldati all'anima o alla piattabanda</p> <p>(a) <math>l \leq 50</math> mm (b) <math>50 &lt; l \leq 80</math> mm</p> <p>Le classi sono valide anche per nervature anulari</p>	<p>6) e 7) le parti terminali delle saldature devono essere molate accuratamente per eliminare tutte le rientranze presenti</p> <p>7) se la nervatura termina nell'anima, <math>\Delta\sigma</math> deve essere calcolato usando le tensioni principali</p>
71 (b)			

	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km 71+092					
Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede	COMMESSA <b>IV01</b>	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 B9 001	REV. A	FOGLIO 57 di 79

## 12 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

### 12.1 Inflessione nel piano verticale

Per la definizione della verifica in esame, si riporta a seguire, per maggior chiarezza di esposizione, il testo della norma:

“

Considerando la presenza dei treni di carico LM71, SW/0, SW/2, incrementati con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente  $\alpha$ , il massimo valore di inflessione per effetto di tali carichi ferroviari non deve eccedere il valore  $L/600$ .

Il numero di binari da caricare sarà secondo quanto riportato in tabella 5.2.III (par.1.8.2.2).

Per tutte le tipologie di ponti e per qualsiasi velocità lo spostamento orizzontale, conseguente all'inflessione per carichi verticali, del piano di regolamento o di posa del ballast o, nel caso di attacco diretto, del piano di posa delle rotaie, dovrà risultare non superiore a 8 mm. <sup>(7)</sup>

A titolo di esempio, per i ponti a via superiore, tale prescrizione si traduce nella seguente limitazione sulla rotazione di estremità:

$$\theta \leq \frac{8}{H} \quad [\text{rad}]$$

ove H [in mm] rappresenta la distanza del piano di regolamento del ballast o, nel caso di attacco diretto, del piano di posa della rotaia dal centro di rotazione dell'apparecchio di appoggio dell'impalcato.

”

I modelli di carico LM71, SW2 E SW0 sono riportati per maggior chiarezza:

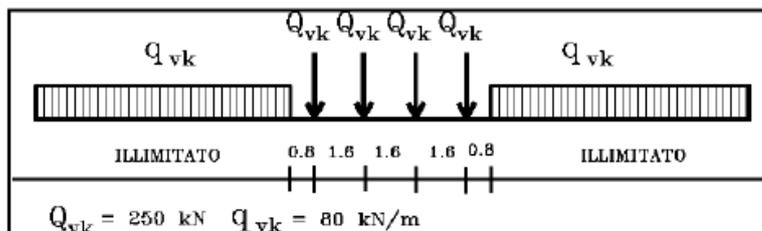


Fig. 5.2.1 - Modello di carico LM71

- quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;
- carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.

Il valore del coefficiente di adattamento da adottarsi per il modello di carico LM71 nella progettazione di ferrovie ordinarie è pari a 1,1.

Tab. 5.2.1 - Caratteristiche Modelli di Carico SW

Tipo di Carico	$q_{vk}$ [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Il valore del coefficiente di adattamento "α" da adottarsi nella progettazione delle ferrovie ordinarie è pari, rispettivamente, a 1,1 per il modello di carico SW/0 ed a 1,0 per il modello di carico SW/2.

Il valore del coefficiente di incremento dinamico utilizzato è il maggiore tra i seguenti:

$L_f$	45	m
$\phi_2$	1.04	alto standard manutentivo
$f_2$	1.06	ridotto standard manutentivo

Nel caso in esame si ha:

<b>L</b>	45	m
<b><math>\delta v</math> amm = L/600</b>	75	mm
$\delta v$	20	mm
<b><math>\delta v</math> amm &lt; <math>\delta v</math></b>	verificato	

H = 3243 mm



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA  
VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km 71+092

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	59 di 79

$$\theta_{amm} = 2.47 \cdot 10^{-3} \text{ [rad]}$$

$$\theta = 7.35 \cdot 10^{-5} < \theta_{amm} = 8\text{mm (binario caricato con (SW2)*\alpha*\phi)}$$

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	60 di 79

## 12.2 Deformazioni torsionali (Verifica dello sghembo)

Il massimo sghembo ammissibile per ponti con velocità comprese fra 120 e 200 km/h è pari a 3mm/3m.

Si riporta la verifica dello sghembo secondo il NTC 2018 § 5.2.3.2.2.1.

### Deformazioni torsionali dell'impalcato

La torsione dell'impalcato del ponte è calcolata considerando il treno di carico LM 71 incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico.

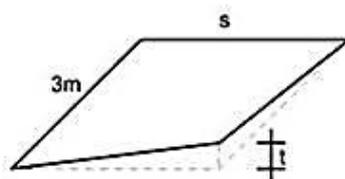


Fig. 5.2.14 - Sghembo ammissibile

Il massimo sghembo, misurato su una lunghezza di 3 m e considerando le rotaie solidali all'impalcato (Fig. 5.2.14), non deve eccedere i seguenti valori:

per  $V \leq 120$  km/h;  $t \leq 4,5$  mm/3m

per  $120 < V \leq 200$  km/h;  $t \leq 3,0$  mm/3m

per  $V > 200$  km/h;  $t \leq 1,5$  mm/3m

Nel caso in esame, con binario caricato con LM71 e binario caricato con il massimo sghembo su base 3 m è  $2.2 \text{ mm} < 3 \text{ mm}$ .

### 12.3 Stato limite di comfort del passeggero

Si effettua il controllo dell'inflessione verticale dell'impalcato ai fini delle verifiche dello stato limite di comfort del passeggero.

Secondo il manuale RFI il "Il comfort di marcia per i passeggeri è controllato limitando i valori della freccia verticale dei ponti ferroviari in funzione della luce e del numero delle campate consecutive, dello schema statico del ponte e della velocità  $V$  di percorrenza del convoglio.

L'inflessione verticale deve calcolarsi in asse al binario, considerando il modello di carico LM71 con il relativo incremento dinamico e con il coefficiente  $a$ ; in caso di ponte a doppio binario dovrà considerarsi carico un solo binario e calcolarsi la freccia in asse a tale binario carico, applicando un solo modello di carico LM71 con il relativo incremento dinamico e con il coefficiente  $a$ .

Per i ponti aventi luci  $\geq 30$  m, dovrà verificarsi che il raggio di curvatura del binario nel piano verticale per deformazioni verso il basso, non risulti inferiore a quello che induce sul mezzo una accelerazione pari a  $0,48$  m/sec<sup>2</sup>. Tale prescrizione si traduce nel controllo del raggio."

Nella figura si riportano i valori limite di deformabilità validi per viadotti con impalcati semplicemente appoggiati aventi tre o più campate, corrispondenti all'accelerazione ammissibile verticale pari a  $b_v=1$  m/s<sup>2</sup> in carrozza.

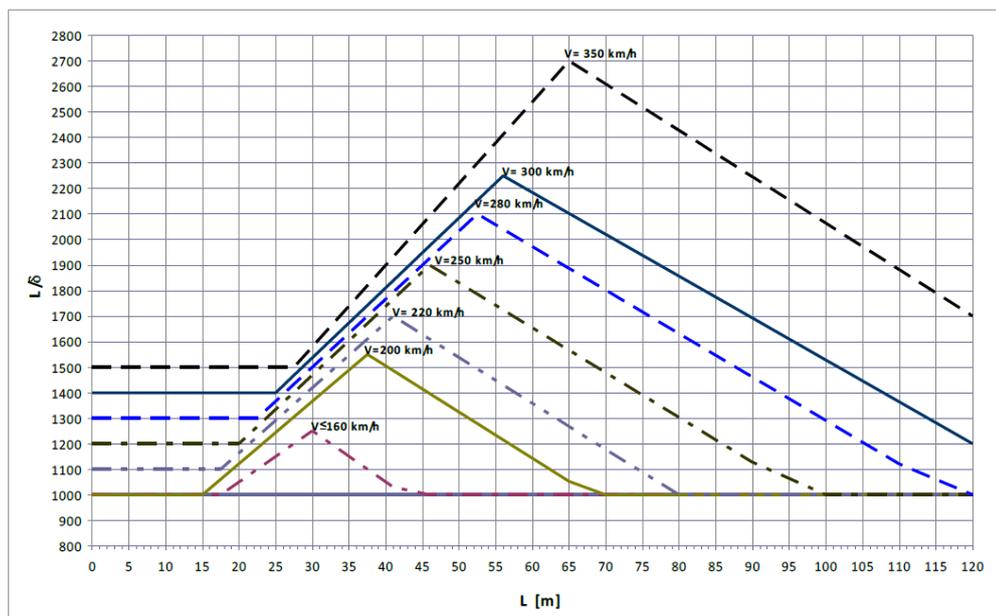


Fig. 5.2.1.8.3.2.2-2 Valori del limite di deformabilità  $L/\delta$  per il comfort dei passeggeri.

Nel caso in esame il limite normativo della freccia per  $V=200$  km/h,  $L = 45$  m e trave poggiate a più campate è pari a:

$L/\delta = 1400$  da cui  $\delta_{max} = 32$  mm.

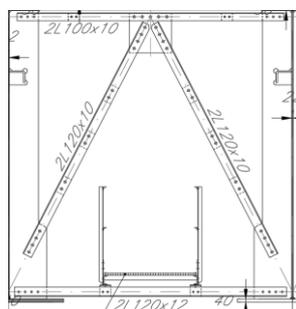
La freccia massima in asse al binario sotto l'azione del modello LM71 dinamizzato è pari a  $\delta = 18.9$  mm e quindi inferiore al valore limite.

### 13 VERIFICA DIAFRAMMI INTERMEDI

#### 13.1 Verifica SLU-SLV

I diaframmi intermedi sono costituiti da:

- 2L 120x10 (elementi diagonali)
- 2L 100x10 (elementi superiori)
- 2L 120x12 (elementi inferiori)



**Figura 27- Schema trasversi**

La verifica è effettuata secondo EC3 di cui si riporta l'estratto (definito nel caso generale di sezioni soggette anche a momento):

#### 6.3.3 Uniform members in bending and axial compression

(1) Unless second order analysis is carried out using the imperfections as given in 5.3.2, the stability of uniform members with double symmetric cross sections for sections not susceptible to distortional deformations should be checked as given in the following clauses, where a distinction is made for:

- members that are not susceptible to torsional deformations, e.g. circular hollow sections or sections restraint from torsion
- members that are susceptible to torsional deformations, e.g. members with open cross-sections and not restraint from torsion.

(2) In addition, the resistance of the cross-sections at each end of the member should satisfy the requirements given in 6.2.

**NOTE 1** The interaction formulae are based on the modelling of simply supported single span members with end fork conditions and with or without continuous lateral restraints, which are subjected to compression forces, end moments and/or transverse loads.

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	63 di 79

(4) Members which are subjected to combined bending and axial compression should satisfy:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} \leq 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} \leq 1 \quad (6.62)$$

where  $N_{Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$  and  $M_{z,Ed}$  are the design values of the compression force and the maximum moments about the y-y and z-z axis along the member, respectively

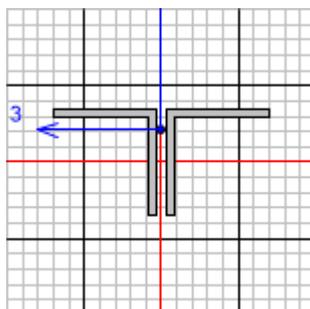
$\Delta M_{y,Ed}$ ,  $\Delta M_{z,Ed}$  are the moments due to the shift of the centroidal axis according to 6.2.9.3 for class 4 sections, see Table 6.7,

$\chi_y$  and  $\chi_z$  are the reduction factors due to flexural buckling from 6.3.1

$\chi_{LT}$  is the reduction factor due to lateral torsional buckling from 6.3.2

$k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$ ,  $k_{zz}$  are the interaction factors

### 13.1.1 2L 120x10 (elementi diagonali)



Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 50	X Mid: 24.43	Combo: DSTL15	Design Type: Brace
Length: 3.228	Y Mid: 0.9	Shape: 2 L 120 x 10	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 3.228	Z Mid: -1.84	Class: Class 4	Rolled : No

Country=CEN Default	Combination=Eq. 6.10	Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B)	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.	GammaM1=1.	GammaM2=1.25
q=4.	Omega=1.	GammaOV=1.1
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75
		D/C Lim=0.95

Aeff=0.004	eNy=0.002	eNz=0.	Wel,yy=7.337E-05	Weff,yy=7.337E-05
A=0.005	Iyy=6.286E-06	iyy=0.037	Wel,zz=9.798E-05	Weff,zz=9.798E-05
It=0.	Izz=1.176E-05	izz=0.051	Wpl,yy=1.325E-04	Av,y=0.002
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.12	Wpl,zz=1.658E-04	Av,z=0.002
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.		

Iyz=0.	Imax=1.176E-05	imax=0.051	Wel,zz,maj=9.798E-05
Rot= 90. deg	Imin=6.286E-06	imin=0.037	Wel,zz,min=7.337E-05

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA

VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km 71+092

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	64 di 79

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
3.228	-0.936	0.	0.	0.312	0.	0.

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)  
 D/C Ratio: 0.011 = 0. + 0.011 + 0. < 0.95 OK  

$$= \frac{Ned}{(Chi\_z NRk/GammaM1) + kzy (My, Ed+NEd eNy) / (Chi\_LT My, Rk/GammaM1)} + \frac{kzz (Mz, Ed+NEd eNz) / (Mz, Rk/GammaM1)}{(EC3 6.3.3(4)-6.62)}$$

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc, Rd Capacity	Nt, Rd Capacity	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
Axial	-0.936	1558.741	1597.5	1597.5	1652.4	2434.098	1678.812	1.
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd		
Minor (y-y)	b 0.34	1249.946	1.117	1.279	0.525	818.819		
MinorB (y-y)	b 0.34	1249.946	1.117	1.279	0.525	818.819		
Major (z-z)	b 0.34	2338.117	0.816	0.938	0.714	1113.285		
MajorB (z-z)	b 0.34	2338.117	0.816	0.938	0.714	1113.285		
Torsional TF	b 0.34	1678.812	0.964	1.094	0.62	966.853		

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Minor (y-y)	0.	0.252	26.047	26.047	26.047	23.504
Major (z-z)	0.	0.	34.783	34.783	34.783	
Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	d 0.76	0.328	0.603	0.902	0.	241.399
Factors	kw	C1	C2	C3	zj	
	1.	1.132	0.459	0.525		
	za 0.034	zs 0.029	zg 0.005	zz -0.01	zj 0.039	

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.951	1.	1.	1.

	Ved Force	Vpl, Rd Capacity	Ved/Vpl, Rd Ratio	rho Factor
Major (z)	0.312	491.902	6.337E-04	1.
Minor (y)	0.	471.406	0.	1.

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	0.312	0.	491.902	0.001	OK
Minor (y)	0.	0.	471.406	0.	OK

	Vpl, Rd Capacity	Eta Factor	LambdaBar Ratio	Chi Factor
Minor (y)	491.902	1.2	0.156	1.2
Major (y)	471.406	1.2	0.	1.

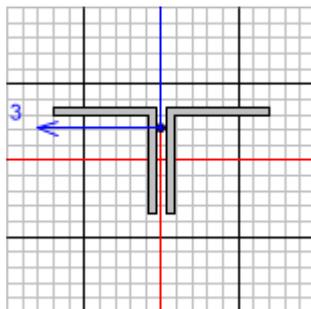
BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P Comp	P Tens
Axial	-1.864	0.

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	65 di 79

### 13.1.2 2L 100x10 (elementi superiori)



Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 41	X Mid: 20.57	Combo: DSTL15	Design Type: Beam
Length: 3.6	Y Mid: 0.	Shape: 2 L 100*10	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 3.6	Z Mid: -0.5	Class: Class 4	Rolled : No

Country=CEN Default	Combination=Eq. 6.10	Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B)	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.	GammaM1=1.	GammaM2=1.25
q=4.	Omega=1.	GammaOV=1.1
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75
		D/C Lim=0.95

Aeff=0.004	eNy=0.002	eNz=0.		
A=0.005	Iyy=6.286E-06	iyy=0.037	Wel, yy=7.337E-05	Weff, yy=7.337E-05
It=0.	Izz=1.176E-05	izz=0.051	Wel, zz=9.798E-05	Weff, zz=9.798E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.12	Wpl, yy=1.325E-04	Av, y=0.002
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl, zz=1.658E-04	Av, z=0.002

Iyz=0.	Imax=1.176E-05	imax=0.051	Wel, zz, maj=9.798E-05
Rot= 90. deg	Imin=6.286E-06	imin=0.037	Wel, zz, min=7.337E-05

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
3.6	-1.731	0.	0.	-26.005	-0.002	0.

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 0.016 = 0.002 + 0.014 + 0. < 0.95 OK  

$$= \frac{Ned}{(\chi_z NRk / \Gamma_{M1})} + k_{zy} \frac{(My, Ed + NED eNy)}{(\chi_z LT My, Rk / \Gamma_{M1})} + k_{zz} \frac{(Mz, Ed + NED eNz)}{(Mz, Rk / \Gamma_{M1})}$$
 (EC3 6.3.3(4)-6.62)

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-1.731	1558.741	1597.5

Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
1597.5	1652.4	2428.692	1476.141	1.

Minor (y-y)	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
	b	0.34	4020.813	0.623	0.766	0.826	1286.805

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	66 di 79

MinorB(y-y)	b	0.34	4020.813	0.623	0.766	0.826	1286.805
Major(z-z)	b	0.34	1880.308	0.91	1.035	0.654	1020.099
MajorB(z-z)	b	0.34	1880.308	0.91	1.035	0.654	1020.099
Torsional TF	b	0.34	1476.141	1.028	1.169	0.58	903.463

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Minor (y-y)	0.	-0.35	26.047	26.047	26.047	25.086
Major (z-z)	0.	-0.004	34.783	34.783	34.783	

LTB	Curve d	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
		0.76	0.247	0.549	0.963	0.	425.402

Factors	kw	C1	C2	C3	zj
	1.	1.365	0.553	1.73	
	za	zs	zg	zz	zz
	0.034	0.029	0.005	-0.01	0.039

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.91	1.001	1.	1.001

	Ved Force	Vpl,Rd Capacity	Ved/Vpl,Rd Ratio	rho Factor
Major (z)	0.132	491.902	2.675E-04	1.
Minor (y)	0.002	471.406	4.287E-06	1.

**SHEAR DESIGN**

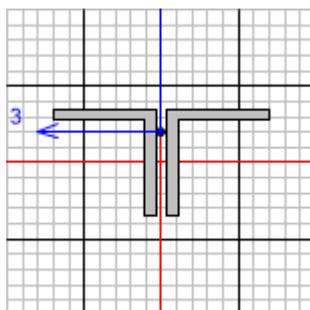
	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	0.132	0.	491.902	0.	OK
Minor (y)	0.002	0.	471.406	4.287E-06	OK

	Vpl,Rd Capacity	Eta Factor	Lambdabar Ratio	Chi Factor
Minor (y)	491.902	1.2	0.156	1.2
Major (y)	471.406	1.2	0.	1.

**CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right
	0.784	0.784

**13.1.3 2L 120x12 (elementi inferiori)**





RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA  
 TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA  
 VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km 71+092

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	67 di 79

Frame : 44      X Mid: 20.57      Combo: DSTL15      Design Type: Beam  
 Length: 3.6      Y Mid: 0.      Shape: 2L 120 X 12      Frame Type: DCH-MRF  
 Loc : 3.6      Z Mid: -3.18      Class: Class 4      Rolled : No

Country=CEN Default      Combination=Eq. 6.10      Reliability=Class 2  
 Interaction=Method 2 (Annex B)      MultiResponse=Envelopes      P-Delta Done? No  
 Consider Torsion? No  
 Ignore Seismic Code? No      Ignore Special EQ Load? No      D/P Plug Welded? Yes

GammaM0=1.      GammaM1=1.      GammaM2=1.25  
 q=4.      Omega=1.      GammaOV=1.1  
 An/Ag=1.      RLLF=1.      PLLF=0.75      D/C Lim=0.95

Aeff=0.005      eNy=0.      eNz=0.  
 A=0.005      Iyy=7.344E-06      iyy=0.037      Wel,yy=8.659E-05      Weff,yy=8.659E-05  
 It=0.      Izz=1.423E-05      izz=0.052      Wel,zz=1.186E-04      Weff,zz=1.186E-04  
 Iw=0.      Iyz=0.      h=0.12      Wpl,yy=1.564E-04      Av,y=0.003  
 E=210000000.      fy=355000.      fu=510000.      Wpl,zz=2.035E-04      Av,z=0.003

Iyz=0.      Imax=1.423E-05      imax=0.052      Wel,zz,maj=1.186E-04  
 Rot= 90. deg      Imin=7.344E-06      imin=0.037      Wel,zz,min=8.659E-05

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
3.6	-165.86	0.	0.	31.576	0.	0.

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.61)

D/C Ratio: 0.224 = 0.198 + 0.025 + 0. < 0.95 OK  
 = NED / (Chi\_y NRk / GammaM1) + kyy (My,Ed+NED eNy) / (Chi\_LT My,Rk / GammaM1)  
 + kyz (Mz,Ed+NED eNz) / (Mz,Rk / GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.61)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	-165.86	1891.44	1891.44	1891.44	1956.442	4083.844	1960.479	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Minor (y-y)	b	0.34	1174.475	1.269	1.487	0.442	836.198
MinorB(y-y)	b	0.34	1174.475	1.269	1.487	0.442	836.198
Major (z-z)	b	0.34	2275.181	0.912	1.037	0.654	1236.256
MajorB(z-z)	b	0.34	2275.181	0.912	1.037	0.654	1236.256
Torsional TF	b	0.34	1960.479	0.982	1.115	0.608	1150.628

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Minor (y-y)	0.	0.664	30.74	30.74	30.74	27.813
Major (z-z)	0.	0.	42.087	42.087	42.087	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	d	0.76	0.325	0.6	0.905	0.	290.591

Factors	kw	C1	C2	C3	zj
	1.	1.132	0.459	0.525	
	za	zs	zg	zz	

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	68 di 79

0.035    0.029    0.007    -0.01    0.039

		kyy	kyz	kzy	kzz
Factors		1.063	1.073	0.991	1.073

	Ved	Vpl,Rd	Ved/Vpl,Rd	rho
	Force	Capacity	Ratio	Factor
Major (z)	0.738	590.283	0.001	1.
Minor (y)	0.	560.769	0.	1.

**SHEAR DESIGN**

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	0.738	0.	590.283	0.001	OK
Minor (y)	0.	0.	560.769	0.	OK

	Vpl,Rd	Eta	Lambdabar	Chi
	Capacity	Factor	Ratio	Factor
Minor (y)	590.283	1.2	0.128	1.2
Major (y)	560.769	1.2	0.	1.

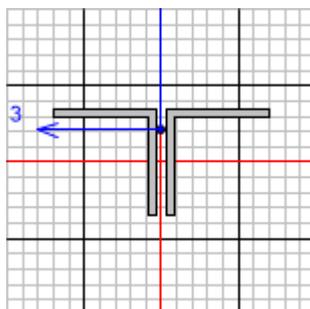
**CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	1.993	1.993

## 14 VERIFICA DEI CONTROVENTI INFERIORI

I controventi inferiori sono costituiti da profili 2L 100x10.

### 14.1 Verifica SLU-SLV



Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 133	X Mid: 14.77	Combo: DSTL15	Design Type: Beam
Length: 5.278	Y Mid: 0.	Shape: 2 L 100*10	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 5.278	Z Mid: -3.18	Class: Class 4	Rolled : No

Country=CEN Default	Combination=Eq. 6.10	Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B)	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No		



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA

VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km 71+092

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	69 di 79

Ignore Seismic Code? No      Ignore Special EQ Load? No      D/P Plug Welded? Yes

GammaM0=1.      GammaM1=1.      GammaM2=1.25  
 q=4.      Omega=1.      GammaOV=1.1  
 An/Ag=1.      RLLF=1.      PLLF=0.75      D/C Lim=0.95

Aeff=0.005      eNy=0.      eNz=0.  
 A=0.005      Iyy=6.286E-06      iyy=0.037      Wel,yy=7.337E-05      Weff,yy=7.337E-05  
 It=0.      Izz=1.176E-05      izz=0.051      Wel,zz=9.798E-05      Weff,zz=9.786E-05  
 Iw=0.      Iyz=0.      h=0.12      Wpl,yy=1.325E-04      Av,y=0.002  
 E=210000000.      fy=355000.      fu=510000.      Wpl,zz=1.658E-04      Av,z=0.002

Iyz=0.      Imax=1.176E-05      imax=0.051      Wel,zz,maj=9.798E-05  
 Rot= 90. deg      Imin=6.286E-06      imin=0.037      Wel,zz,min=7.337E-05

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
5.278	71.586	-0.831	0.411	-16.882	-0.182	6.015E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.9.3(2))

D/C Ratio: 0.089 = 0.045 + 0.032 + 0.012 < 0.95 OK  
 = NEd/(Aeff fy/GammaM0) + (My,Ed+NED eNy)/(Weff,y,min fy/GammaM0)  
 + (Mz,Ed+NED eNz)/(Weff,z,min fy/GammaM0) (EC3 6.2.9.3(2))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	71.586	1597.5	1597.5	1597.5	1652.4	2416.819	803.906	1.
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd		
Minor (y-y)	b 0.34	467.61	1.848	2.488	0.241	384.532		
MinorB(y-y)	b 0.34	467.61	1.848	2.488	0.241	384.532		
Major (z-z)	b 0.34	874.7	1.351	1.609	0.403	643.638		
MajorB(z-z)	b 0.34	874.7	1.351	1.609	0.403	643.638		
Torsional TF	b 0.34	803.906	1.41	1.699	0.378	603.28		

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Minor (y-y)	-0.831	-0.831	26.047	26.047	26.047	19.842
Major (z-z)	0.411	0.411	34.739	34.739	34.739	

LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
	d	0.76	0.525	0.761	0.762	0.	94.485

Factors	kw	C1	C2	C3	zj
	1.	1.132	0.459	0.525	
	za	zs	zg	zz	
	0.034	0.029	0.005	-0.01	-0.039

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.516	0.4	1.	0.4

Major (z)	Ved Force	Vpl.Rd Capacity	Ved/Vpl.Rd Ratio	rho Factor
	0.942	491.902	0.002	1.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA  
 TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA  
 VI02 - Viadotto su Torrente Maremola/Giustenice da km 71+044 a km 71+092

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	70 di 79

Minor (y)                    0.182                    471.406                    3.866E-04                    1.

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	0.942	0.	491.902	0.002	OK
Minor (y)	0.182	0.	471.406	0.	OK

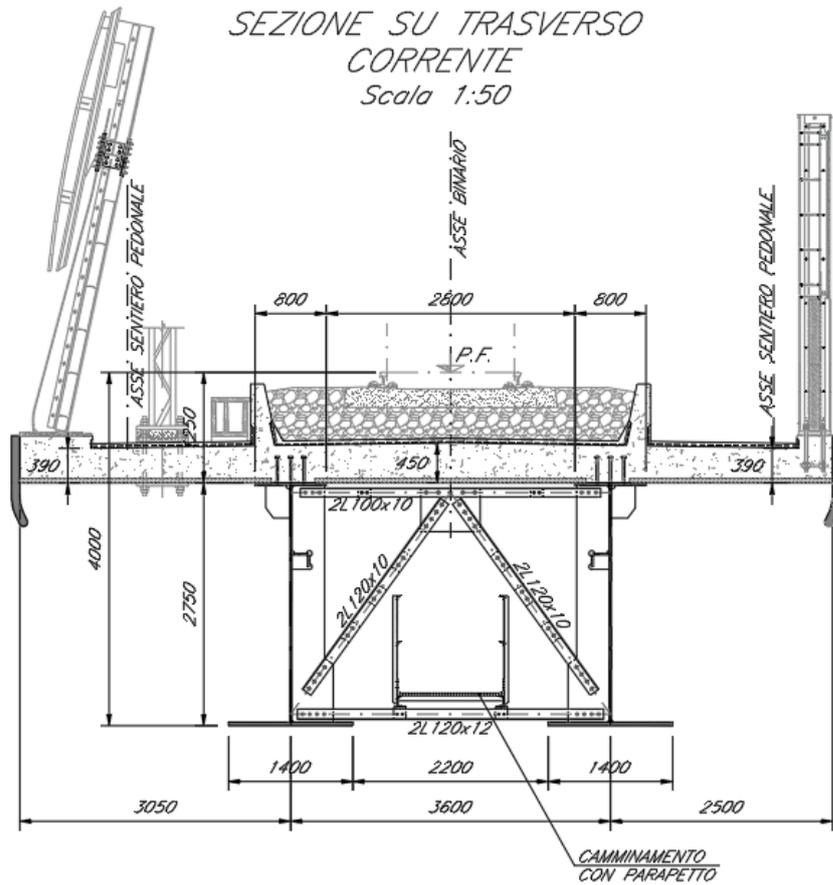
	Vpl,Rd Capacity	Eta Factor	Lambdabar Ratio	Chi Factor
Minor (y)	491.902	1.2	0.156	1.2
Major (y)	471.406	1.2	0.	1.

**CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

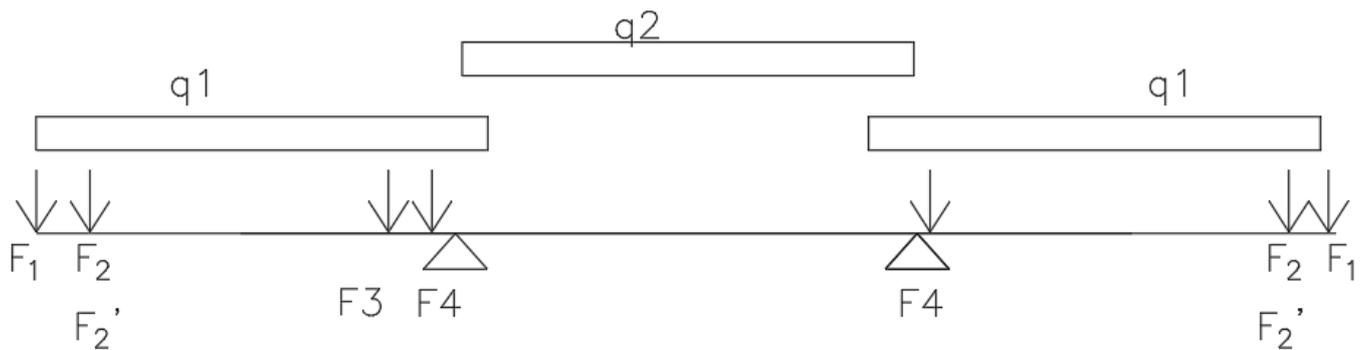
	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	22.453	22.504

## 15 ANALISI EFFETTI LOCALI

Ai fini della determinazione delle sollecitazioni locali sulla soletta si implementa un modello di calcolo di trave continua su appoggi fissi costituite dalle travi, soggetto alle azioni permanenti e accidentali di seguito determinate.



Lo schema di applicazione dei carichi permanenti è riportato nella figura seguente:



Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con  
marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	72 di 79

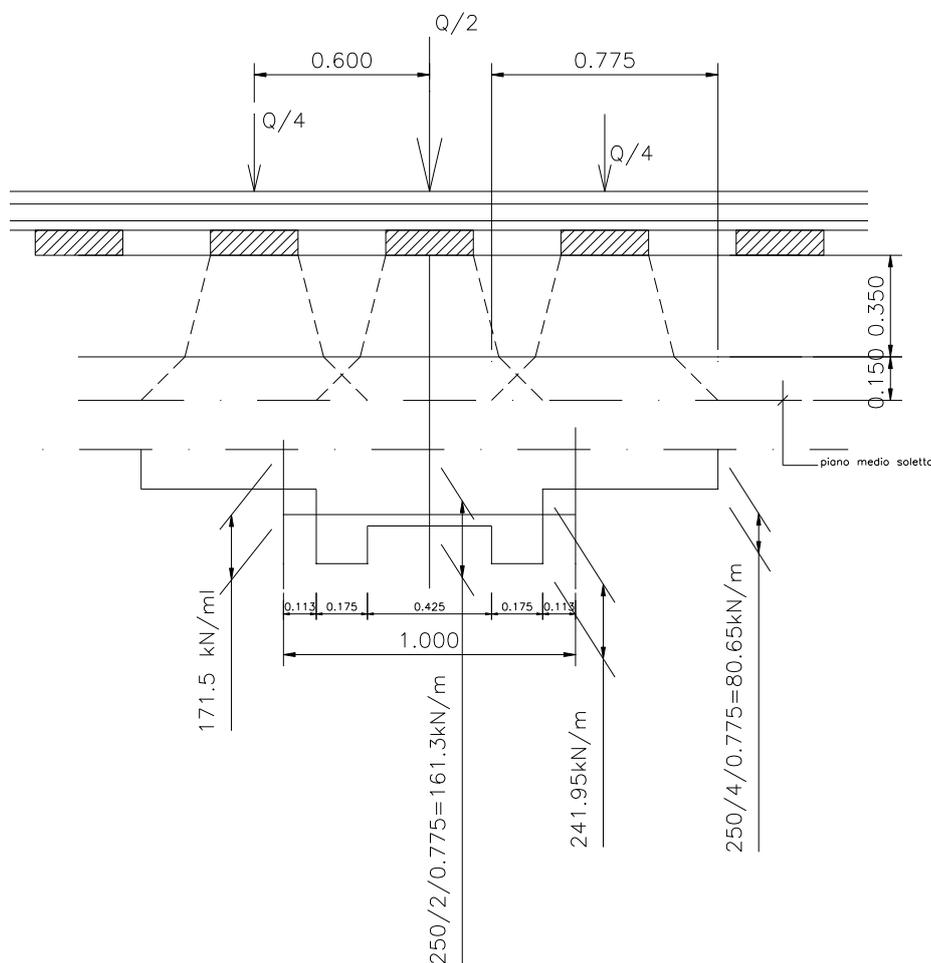
### 15.1 Carichi permanenti

F1 = veletta prefabbricata	= 2.3 kN/m
F2 = cordolo	= 2.5 kN/m
F2' = barriere antirumore	= 15 kN/m
F3 = peso canaline portacavi	= 2.1 kN/m
F4 = peso muretto paraballast	= 3.75 kN/m
q1 = impermeabilizzazione marciapiedi	= 2.3 kN/m

## 15.2 Ripartizione dei carichi proveniente dai convogli

### Ripartizione longitudinale

Ipotizzando una ripartizione fino al piano medio della soletta come illustrato nella figura, si determina il valore del carico diffuso a metro lineare dovuto ad un asse del modello di carico LM71 determinando la media pesata dei carichi d'impronta di ciascuna traversa.

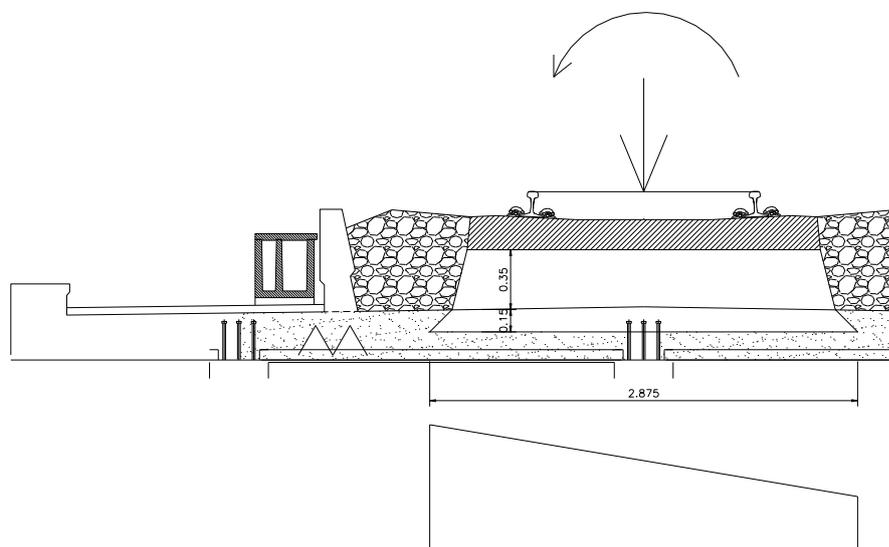


Risulta pertanto  $q = 171.5 \text{ kN/m}$

### Ripartizione trasversale

Con le stesse ipotesi sulla diffusione nello spessore del ballast e della soletta fino al piano medio si ha una larghezza di diffusione pari a 2.875 m. Quindi per il carico verticale dovuto a LM71 si ha una pressione pari a  $p = 171.5 / 2.875 \approx 60 \text{ kN/mq}$ , al quale si deve aggiungere l'effetto dell'eccentricità trasversale che determinerà un diagramma delle pressioni a farfalla di valore massimo pari a:

$$M = 171.5 \cdot 0.08 = 13.72 \text{ kNm/m} \quad \Delta p = \pm 13.72 \times 6 / 2.875^2 = 13.72 / 1.38 \approx \pm 10 \text{ kN/mq}$$



Tali azioni saranno affette dal coefficiente di adattamento  $\alpha = 1.1$  e dal coefficiente dinamico che nel caso in esame vale:

$L_\phi$	3.8	m
$\phi_2$	1.64	alto standard manutentivo
$\phi_3$	1.96	ridotto standard manutentivo

Con lo stesso criterio si determinerà l'effetto delle azioni trasversali (serpeggio e vento) che si tramuta in un diagramma della pressione a farfalla.

Per il serpeggio ipotizzando una diffusione longitudinale simile a quella dei carichi verticali si ha:

$$H_{\text{medio}} \approx 70 \text{ kN/m, braccio} = 0.95 \quad \Rightarrow M = 66.5 \text{ kNm/m} \Rightarrow \Delta p = 66.5 / 1.38 \approx \pm 48.2 \text{ kN/mq}$$

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	75 di 79

Per il vento:

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

$$\Rightarrow M = 29.5 \text{ kNm/m} \Rightarrow \Delta p = 29.5 / 1.38 \approx \pm 21.4 \text{ kN/mq}$$

### 15.3 Vento sulle barriere

Per un'azione del vento sulla barriera di 2.5 KN/mq, considerando un'altezza di barriera di 4 m si ha:

$$m = \frac{1}{2} \cdot 2.5 \cdot 4^2 = 20 \text{ kNm/m}$$

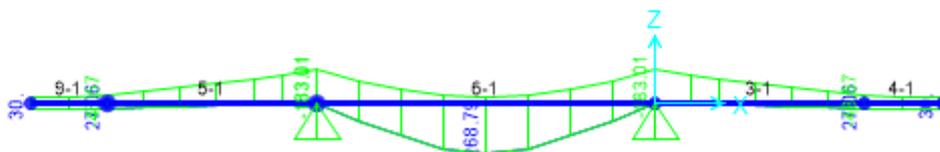
Tale azione si applica nelle due direzioni e a favore di sicurezza si considera contemporanea al vento sul treno.

### 15.4 Sollecitazioni agenti e verifiche

Vengono di seguito riportati gli involuipi dei diagrammi di momento flettente allo SLU. Le sollecitazioni sono ottenute con carichi già fattorizzati allo stato limite ultimo .

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

Moment 3-3 Diagram (envelope - Max/Min)



Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	76 di 79

Si riporta la verifica in corrispondenza del massimo momento negativo e massimo positivo:

TABLE: Element Forces - Frames		
Frame	Station	M3
Text	m	KN-m
6	3.6	-183
6	1.8	269

Sezione in corrispondenza del massimo momento negativo, spessore soletta 40cm (predalle collaboranti):

**Titolo:** \_\_\_\_\_

N° strati barre

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	25.45	31.42
2	0	0

**Tipologia Sezione:**  
 Rettan.re    Trapezi  
 a T    Circolare  
 Rettangoli    Coord.

**Sollecitazioni:**  
 S.L.U.      **Metodo n**  

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="264"/>	<input type="text" value="0"/> kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

**Materiali:**  
 B450C    C35/45

ε <sub>su</sub>	<input type="text" value="67.5"/> ‰	ε <sub>c2</sub>	<input type="text" value="2"/> ‰
f <sub>yd</sub>	<input type="text" value="391.3"/> N/mm²	ε <sub>cu</sub>	<input type="text" value="3.5"/> ‰
E <sub>s</sub>	<input type="text" value="200,000"/> N/mm²	f <sub>cd</sub>	<input type="text" value="19.83"/> ‰
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	<input type="text" value="15"/>	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	<input type="text" value="0.8"/> ?
ε <sub>syd</sub>	<input type="text" value="1.957"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub>	<input type="text" value="13.5"/>
σ <sub>s,adm</sub>	<input type="text" value="255"/> N/mm²	τ <sub>co</sub>	<input type="text" value="0.8"/>
		τ <sub>c1</sub>	<input type="text" value="2.257"/>

**Tipo rottura:**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x    x/d    δ

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

**Tipo flessione:**  
 Retta    Deviata

N° rett.

o  cm  

Precompresso

Si dispone quindi di di armatura φ18/10 superiore e φ18/20 inferiore.

Med/Mrd = 0.63 < 1

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

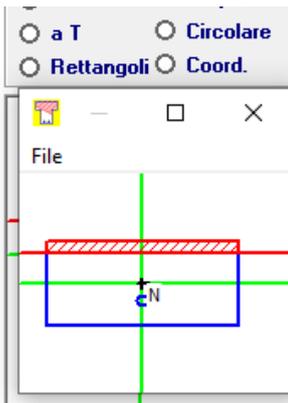
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	77 di 79

Sezione in corrispondenza del massimo momento positivo, spessore soletta 45cm (predalle collaboranti):

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	45

N° strati barre  Zoom

N°	As [cm²]	d [cm]
1	25.45	31.42
2	0	0



**Sollecitazioni**

S.L.U.  kN    Metodo n

$N_{Ed}$   kN

$M_{xEd}$   kNm

$M_{yEd}$   kNm

**Materiali**

B450C	C35/45
$\epsilon_{su}$ 67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 391.3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$ 3.5 ‰
$E_s$ 200,000 N/mm²	$f_{cd}$ 19.83
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.8
$\epsilon_{syd}$ 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 13.5
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	$\tau_{co}$ 0.8
	$\tau_{c1}$ 2.257

**Tipo rottura**

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

$M_{xRd}$   kN m

$\sigma_c$  -19.83 N/mm²

$\sigma_s$  391.3 N/mm²

$\epsilon_c$  3.5 ‰

$\epsilon_s$  14.24 ‰

d 31.42 cm

x 6.198    x/d 0.1973

$\delta$  0.7

**Metodo di calcolo**

S.L.U.+     S.L.U.-

Metodo n

**Tipo flessione**

Retta     Deviata

N° rett.

Calcola MRd    Dominio M-N

cm    Col. modello

Precompresso

Si dispone quindi

di armatura  $\phi 18/10$  superiore e  $\phi 18/20$  inferiore.

$M_{ed}/M_{rd} = 0.93 < 1$

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	78 di 79

## 16 AZIONI SUGLI APPOGGI ED ESCURSIONI

Si rimanda alla relazione di calcolo delle sottostrutture:

impalcato 45 m 2 travi	SLU			SLV		
	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>l,max</sub> [kN]	T <sub>t,max</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>l,max</sub> [kN]	T <sub>t,max</sub> [kN]
<b>Multidirezionale</b>	5891	-	-	2834	-	-
<b>Unidirezionale long.</b>	6474	-	513	3290	-	2409
<b>Fisso</b>	6514	1139	513	3313	1204	2409
<b>Spostamento long. [mm]</b>	Dlong.	13				
<b>Spostamento trasv. [mm]</b>	Dtrasv.	1.4				

Relazione di calcolo impalcato acc/cls. S.B. L=40 con  
marciapiede

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI 02 B9 001	A	79 di 79

## 17 CALCOLO DELLE INCIDENZE DELLE CARPENTERIE METALLICHE E DELLE ARMATURE

Sulla base dei dimensionamenti eseguiti ai precedenti paragrafi, le incidenze di carpenteria metallica e di armatura nella soletta d'impalcato sono:

Incidenza armatura soletta

150 kg/m<sup>3</sup>

Incidenza carpenteria metallica

500 kg/m<sup>2</sup>