

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

OPERE PRINCIPALI - PONTI e CAVALCAFERROVIA

Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1

Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.  
I V 0 I 0 0 D 0 9 C L I V 0 3 0 A 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Progetto Definitivo	A. Orsini	Gen.2022	D. Guerci	Gen.2022	D. Fadda	Gen.2022	Vittizzi 2022

ITALFERR S.p.A.  
U.O. Opere Civili e Gestione dei Grandi  
Dott. Ing. Angelo Vittizzi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova  
N° 122783

File: IV0I00D09CLIV030A001A.doc

n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	4
2.1	NORMATIVA E ISTRUZIONI.....	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	5
3.1	CALCESTRUZZO .....	5
3.1.1	Classe C45/55 (Travi C.A.P e Traversi).....	5
3.1.2	Classe C35/45 (Soletta).....	5
3.2	ACCIAIO.....	6
3.2.1	Acciaio per armature ordinarie.....	6
3.2.2	Acciaio da precompressione.....	6
4	FASI COSTRUTTIVE .....	7
5	MODELLI DI CALCOLO .....	8
5.1	TRAVI IN CAP.....	10
5.2	TRAVERSI.....	15
5.3	SOLETTA.....	16
6	ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO .....	18
6.1	AZIONI PER TRAVI IN C.A.P.....	18
6.1.1	Carichi permanenti strutturali (G1).....	18
6.1.2	Carichi permanenti non strutturali (G2).....	18
6.1.3	Azioni variabili da traffico .....	20

6.1.4	<i>Azioni longitudinali di frenamento o di accelerazione q3</i> .....	24
6.1.5	<i>Gruppi di azioni</i> .....	24
6.1.6	<i>Azione del vento</i> .....	24
6.2	<b>AZIONE SISMICA</b> .....	28
6.2.1	<i>Vita nominale</i> .....	28
6.2.2	<i>Classe d'uso</i> .....	28
6.2.3	<i>Periodo di riferimento</i> .....	29
6.2.4	<i>Valutazione dei parametri di pericolosità sismica</i> .....	29
6.2.5	<i>Caratterizzazione sismica del terreno</i> .....	31
6.2.6	<i>Parametri sismici di calcolo</i> .....	33
7	<b>COMBINAZIONI DI CARICO</b> .....	36
8	<b>VERIFICA DEI TRAVERSI</b> .....	41
8.1	<b>ARMATURA</b> .....	41
8.1.1	<i>Armatura di precompressione</i> .....	41
8.1.2	<i>Armatura ordinaria</i> .....	41
8.1.3	<i>Armatura lenta soletta</i> .....	41
8.1.4	<i>Caratteristiche materiali</i> .....	41
8.1.5	<i>Limiti tensionali</i> .....	42
8.2	<b>CARATTERISTICHE SEZIONE DI VERIFICA</b> .....	42
8.3	<b>VERIFICA AL TIRO</b> .....	43
8.4	<b>VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO</b> .....	44

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	2 di 61

8.4.1	Verifica a pressoflessione.....	44
8.4.2	Verifica a taglio.....	44
9	VERIFICHE DELLA SOLETTA IN DIREZIONE TRASVERSALE .....	45
9.1	AZIONI PER MODELLO TRASVERSALE SOLETTA .....	45
9.1.1	Carichi permanenti strutturali (G1).....	45
9.1.2	Carichi permanenti non strutturali (G2).....	45
9.1.3	Carichi accidentali (q1) .....	46
9.2	VERIFICA TRATTO DI SOLETTA TRA LE TRAVI.....	48
9.2.1	Verifiche SLU.....	49
9.2.2	Verifiche SLE.....	51
9.3	VERIFICA TRATTO DI SOLETTA SBALZO.....	52
9.3.1	Verifiche SLU.....	53
9.3.2	Verifiche SLE.....	55
10	STATO LIMITE DI DEFORMAZIONE DELL’IMPALCATO.....	56
11	SCARICHI SUGLI APPOGGI.....	57
12	SPOSTAMENTO GIUNTI .....	58
12.1	CORSA DEGLI APPARECCHI D’APPOGGIO.....	58
12.2	ESCURSIONE DEI GIUNTI.....	58
12.3	AMPIEZZA DEI VARCHI.....	59

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	3 di 61

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto le verifiche di resistenza dell'impalcato del ponte stradale sul fiume Rio Casazza (IV03) previsto dal progetto definitivo di raddoppio della linea Genova-Ventimiglia tratta Finale Ligure-Andora.

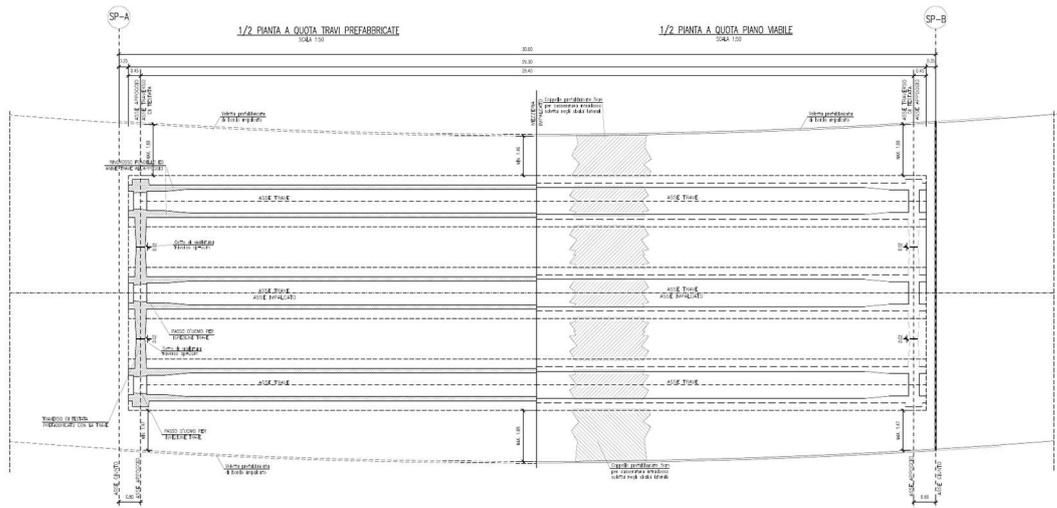


Figura 1: Pianta travi impalcato

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA</b> <b>OPERE RINCIPALI – PONTI e CAVALCAFERROVIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>												
IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1 Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV01</td> <td>00</td> <td>D 09</td> <td>IV030A001A</td> <td>A</td> <td>4 di 61</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IV01	00	D 09	IV030A001A	A	4 di 61
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	4 di 61								

## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORMATIVA E ISTRUZIONI

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

Ferrovie dello Stato hanno emanato nel tempo varie normative e linee guida riguardanti sia i sovraccarichi che le prescrizioni relative ai ponti.

Le normative rilevanti per la redazione del progetto di messa in sicurezza sono ovviamente le normative ora vigenti per le strutture, e per i ponti ferroviari in particolare, elencate nel seguito.

- *DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC18);*
- *Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP: istruzioni per l’applicazione delle NTC 2018 (nel seguito circ. NTC18);*
- *Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – parte 5 – Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;*
- *RFICTCSIMAIIFS001\_E: Manuale di progettazione delle opere civili, 31/12/2020 (MdP)*
- *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;*
- *Regolamento (UE) 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi “controllo-comando e segnalamento” del sistema ferroviario nell’Unione europea.*

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

#### 3.1 CALCESTRUZZO

##### 3.1.1 Classe C45/55 (Travi C.A.P e Traversi)

###### *Al taglio dei trefoli*

- $R_{ckj} = 47 \text{ N/mm}^2$
- $E_{cmj} = 35001 \text{ N/mm}^2$

###### *In fase di esercizio*

- $R_{ck} = 55 \text{ N/mm}^2$
- $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 45.65 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione:  $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 45.65 \cdot 0.85 / 1.5 = 25.86 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione:  $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3.83 \text{ N/mm}^2$
- $E_{cm} = 36283 \text{ N/mm}^2$

##### 3.1.2 Classe C35/45 (Soletta)

- $R_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$
- $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione:  $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 35 \cdot 0.85 / 1.5 = 19.83 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione:  $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3.21 \text{ N/mm}^2$
- $E_{cm} = 34077 \text{ N/mm}^2$

## 3.2 ACCIAIO

### 3.2.1 Acciaio per armature ordinarie

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

#### Acciaio B450C

- tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ;
- tensione caratteristica di rottura  $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$ ;
- resistenza di calcolo a trazione  $f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$ ;
- modulo elastico  $E_s = 206.000 \text{ N/mm}^2$ .

### 3.2.2 Acciaio da precompressione

Si utilizzano cavi in acciaio armonico con le seguenti caratteristiche meccaniche:

#### Acciaio armonico stabilizzato in trefoli da $\phi 0.6''$

- Area nominale  $A = 0.39 \text{ cm}^2$ ;
- Tensione caratteristica di rottura  $f_{ptk} \geq 1860 \text{ N/mm}^2$ ;
- Tensione caratteristica allo 1% di deformazione  $f_{p(1)k} \geq 1860 \text{ N/mm}^2$ ;
- Modulo elastico  $E_s = 210.000 \text{ N/mm}^2$ ;
- Tensione utile al rilascio dei tefoli  $\sigma_{spi} = 1350 \text{ N/mm}^2$ .

#### 4 FASI COSTRUTTIVE

Sono previste le seguenti fasi di costruzione:

- fase 1: posizionamento apparecchi di appoggio
- fase 2: varo delle travi
- fase 3: inserimento tubi in gomma a tenuta d'aria nelle guaine dei trefoli dei traversi e loro gonfiaggio
- fase 4: posa predalles interne sulle travi  
sigillatura dei traversi con malta  
sgonfiaggio tubi in gomma e loro sfilaggio
- fase 5: inserimento trefoli di precompressione nei traversi  
tesatura al 10% dei cavi nei traversi di testata e sbloccaggio degli apparecchi di appoggio  
completamento tesatura contemporanea dei 2 cavi dei traversi di testata  
iniezione delle guaine sotto vuoto entro 15 gg dalla tesatura dei trefoli e sigillatura terminali di ancoraggio
- fase 6: inghisaggio zanche inferiori appoggi e loro bloccaggio
- fase 7: posa cassero per getto soletta a sbalzo  
posa in opera delle predalles sullo sbalzo e sigillatura elementi contigui con mastice  
posa armatura soletta
- fase 8: prima fase di getto della soletta (soletta strutturale)
- fase 9: posizionamento velette  
completamento getto soletta  
getto marciapiedi
- fase 10: posizionamento giunti  
posizionamento pluviali di scarico  
realizzazione pavimenti e opere di impermeabilizzazione e protezione.

## 5 MODELLI DI CALCOLO

L'impalcato è costituito da 3 travi in c.a.p. varate e completate dalla soletta. La sezione trasversale finale è costituita da tre cassoncini e due sbalzi laterali.

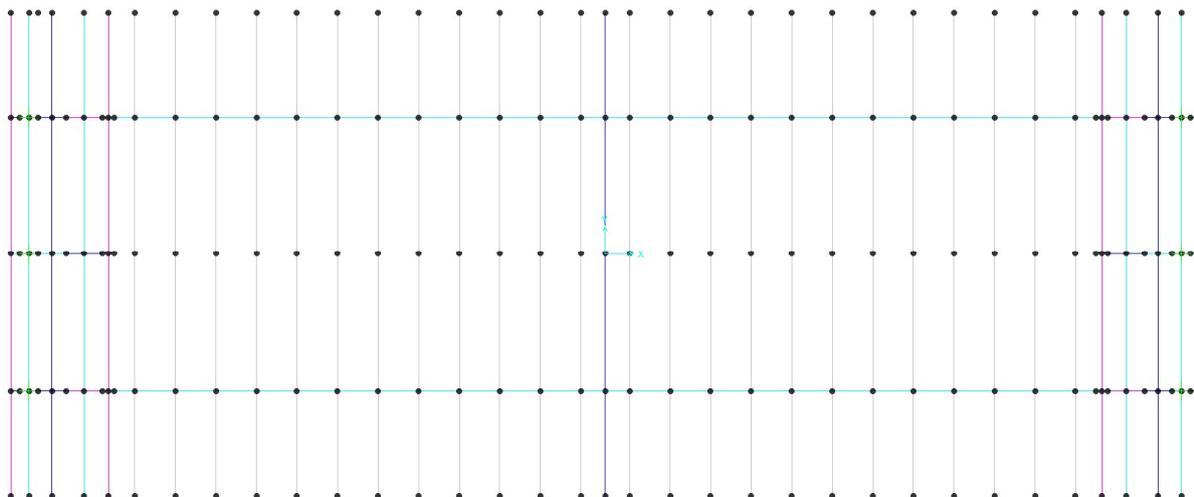
La struttura viene analizzata mediante un modello a graticcio con elementi BEAM sia longitudinali che trasversali che schematizzano le travi, i traversi e la soletta.

La terna di assi è orientata nel seguente modo:

asse X: longitudinale

asse Y: trasversale

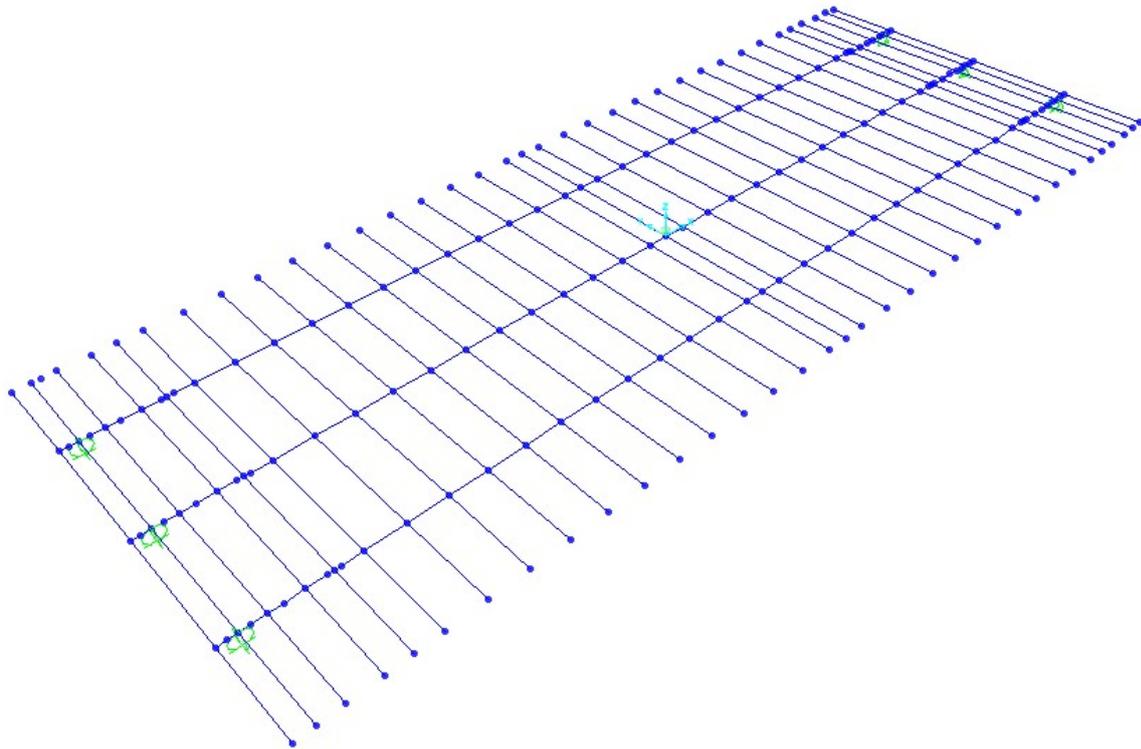
asse Z: verticale



*Figura 2: Pianta modello*

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	9 di 61



*Figura 3: modello di calcolo vista 3D*

## 5.1 TRAVI IN CAP

### *Caratteristiche geometriche cassoncini senza soletta collaborante*

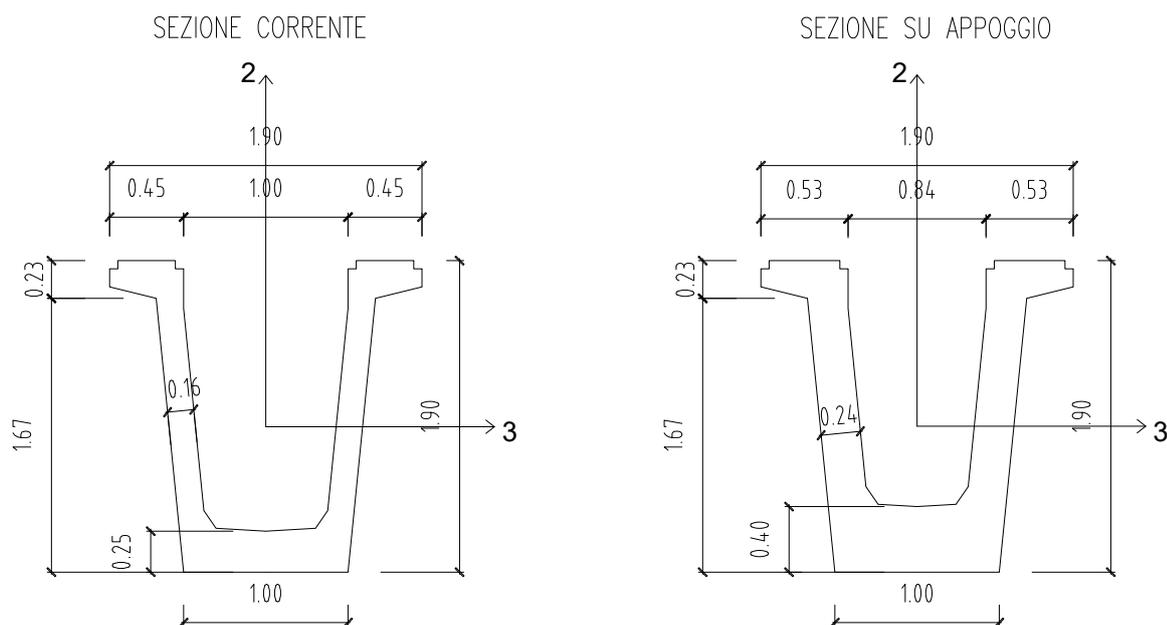


Figura 4. Sezioni cassoncini

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE CASSONCINI		
	Sezione su appoggio	Sezione corrente
H (altezza trave)	1.9000 m	1.9000 m
$b_w$ (spessore anima)	0.2400 m	0.1600 m
$A_{trasv}$ (area)	1.2666 m <sup>2</sup>	0.9131 m <sup>2</sup>
$Y_g$ (Baricentro dal fondo cassoncino)	0.8905 m	0.8840 m
$J_2$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 2)	0.2908 m <sup>4</sup>	0.2428 m <sup>4</sup>
$J_3$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 3)	0.4842 m <sup>4</sup>	0.3876 m <sup>4</sup>
$A_{t2}$ (area di taglio in direzione 2)	0.9165 m <sup>2</sup>	0.6110 m <sup>2</sup>
$A_{t3}$ (area di taglio in direzione 3)	0.4400 m <sup>2</sup>	0.2722 m <sup>2</sup>

Tabella 1: Caratteristiche geometriche cassoncini

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	11 di 61

### Determinazione della larghezza collaborante della soletta per gli elementi trave

La determinazione della soletta collaborante è stata effettuata nel rispetto di quanto previsto dal §4.3.2.3 delle NTC18 tenendo conto, inoltre, delle limitazioni previste nel MdP al 2.6.2.7.2.2;

#### **Soletta al di sopra dell'anima esterna di un cassoncino di bordo:**

lato esterno al cassoncino:

$$b_{est} = b_w/2 + L_0/8 < S$$

dove  $b_w$       Larghezza anima travi

$L_0$       Luce travi

$S$       Distanza dall'asse anima esterna della trave di bordo al filo esterno della soletta

lato interno al cassoncino:

$$b_{int} = b_w/2 + L_0/8 < I/2$$

dove  $I/2$       Semi-Interasse anime internamente al cassoncini

Risulta una larghezza complessiva collaborante di soletta al di sopra dell'anima esterna di un cassoncini di bordo pari a:

$$b_{an\_est} = b_{est} + b_{int}$$

#### **Soletta al di sopra dell'anima interna di un cassoncino:**

lato esterno al cassoncino:

$$b_{est} = b_w/2 + L_0/8 < D/2$$

dove  $D/2$       Semi distanza tra due anime di cassoncini adiacenti

$$b_{int} = b_w/2 + L_0/8 < I/2$$

Risulta una larghezza complessiva collaborante di soletta al di sopra dell'anima interna di un cassoncino pari a:

$$b_{an\_int} = b_{est} + b_{int}$$

#### **Soletta collaborante:**

$$b = b_{an\_est} + b_{an\_int} \quad \text{cassoncini di bordo}$$

$$b = 2 \cdot b_{an\_int} \quad \text{cassoncini interni}$$

omogeneizzando la soletta ai cassoncini:

$$b_{omog} = n \cdot b$$

Le grandezze definite sono riportate nella tabella seguente:

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	12 di 61

$b_w$	0.16	m
$L_e = L_{\text{calcolo}}$	28.4	m
S	1.980	m
I/2	0.610	m
D/2	1.095	m
$b_{\text{est}} = b_w/2 + L_e/8$	3.630	m
$b_{\text{int}} = b_w/2 + L_e/8$	3.630	m
$(S+I/2)/2-I/2$	0.685	m
<b>Soletta al di sopra dell'anima esterna di un cassoncino di bordo:</b>		
$b_{\text{est}} < (S+I/2)/2-I/2$	0.685	m
$b_{\text{int}} < I/2$	0.610	m
$b_{\text{an\_est}} = b_{\text{est}} + b_{\text{int}}$	1.295	m
<b>Soletta al di sopra dell'anima interna di un cassoncino:</b>		
$b_{\text{est}} < D/2$	1.095	m
$b_{\text{int}} < I/2$	0.610	m
$b_{\text{an\_int}} = b_{\text{est}} + b_{\text{int}}$	1.705	m

<b>Soletta collab. cassoni di bordo</b>	<b>3.000</b>	<b>m</b>
<b>Soletta collab. cassoni interni</b>	<b>3.410</b>	<b>m</b>
<b>Soletta coll. OMOGEN. cassonc. di bordo</b>	<b>2.852</b>	<b>m</b>
<b>Soletta coll. OMOGEN. cassonc. Interni</b>	<b>3.242</b>	<b>m</b>

In cui S, I e D sono le grandezze riportate nella figura successiva:

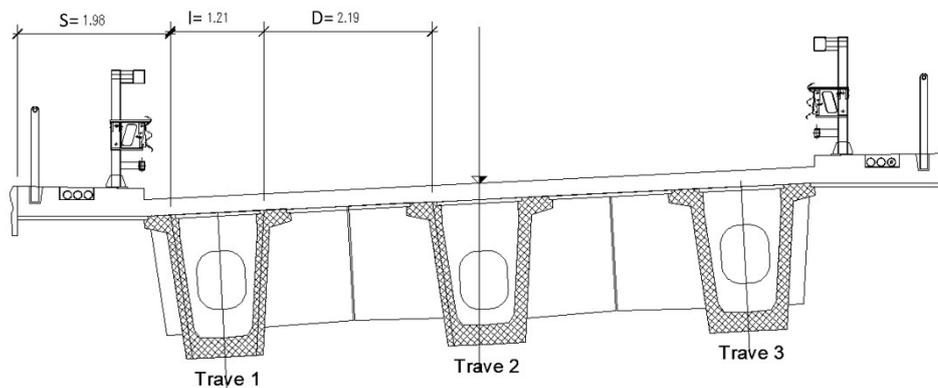


Figura 5: Sezione trasversale impalcato

Per le sezioni omogeneizzate si è tenuto conto del seguente fattore di omogeneizzazione:

	Trave	Traversi	Soletta	n trave	n traversi
$R_{ck}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	550	550	450	-	-
E (kg/cm <sup>2</sup> )	364161	364161	346255	0.951	0.951

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	13 di 61

*Caratteristiche geometriche cassoncino + soletta (omogeneizzata)*

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE CASSONCINI +SOLETTA (Omogeneizzata)		
TRAVE INTERNA	Sezione su appoggio (TR-INT-APP)	Sezione corrente (TR-INT-CAMP)
B (Larghezza collaborante omogeneizz)	3.2423 m	3.2423 m
H (Altezza di soletta collaborante)	0.250 m	0.250 m
$A_0$ (area)	2.0542 m <sup>2</sup>	1.7007 m <sup>2</sup>
$Y_{g_0}$ (Baricentro dal fondo cassoncino)	1.3255 m	1.4124 m
$A_{12}$ (area di taglio in direzione 2)	1.0371 m <sup>2</sup>	0.6914 m <sup>2</sup>
$A_{13}$ (area di taglio in direzione 3)	1.2106 m <sup>2</sup>	1.0606 m <sup>2</sup>
$K_t$ (Momento d'inerzia torsionale)	0.6383 m <sup>4</sup>	0.5342 m <sup>4</sup>
$J_3$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 3)	1.1134 m <sup>4</sup>	0.9422 m <sup>4</sup>
$J_2$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 2)	1.3369 m <sup>4</sup>	1.2889 m <sup>4</sup>

Tabella 2: Caratteristiche geometriche trave interna

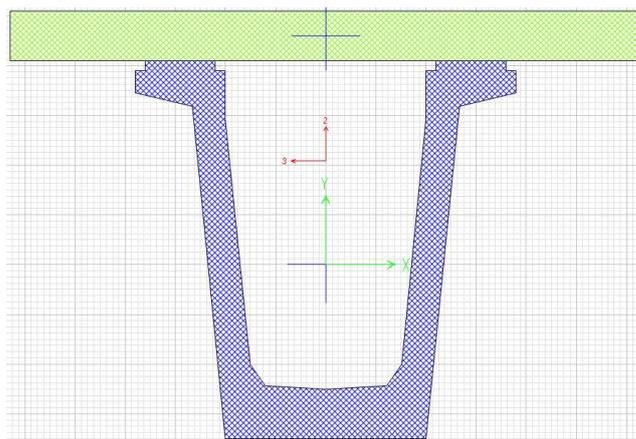


Figura 6: Trave corrente interna

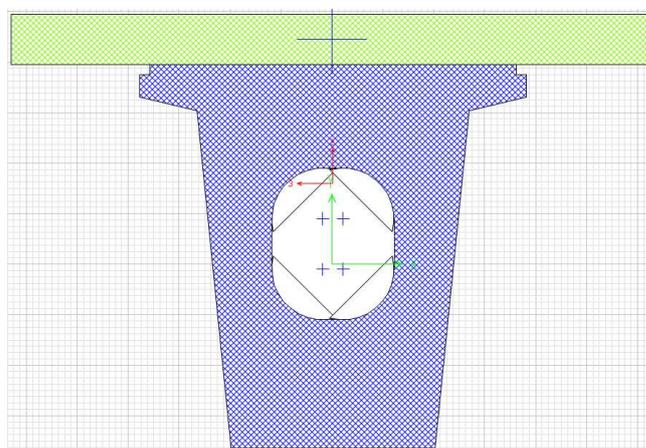


Figura 7: Trave appoggio interna

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	14 di 61

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE CASSONCINI +SOLETTA (Omogeneizzata)		
TRAVE DI BORDO	Sezione su appoggio (TR-BORDO-APP)	Sezione corrente (TR-BORDO-CAMP)
B (Larghezza collaborante omogeneizz)	2.8525 m	2.8525 m
H (Altezza di soletta collaborante)	0.250 m	0.250 m
$A_0$ (area)	1.9595 m <sup>2</sup>	1.6060 m <sup>2</sup>
$\bar{Y}_{g_0}$ (Baricentro dal fondo cassoncino)	1.2917 m	1.3763 m
$A_{t_2}$ (area di taglio in direzione 2)	1.0371 m <sup>2</sup>	0.6914 m <sup>2</sup>
$A_{t_3}$ (area di taglio in direzione 3)	1.1131 m <sup>2</sup>	0.9631 m <sup>2</sup>
$K_t$ (Momento d'inerzia torsionale)	0.6383 m <sup>4</sup>	0.5342 m <sup>4</sup>
$J_3$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 3)	1.0643 m <sup>4</sup>	0.9040 m <sup>4</sup>
$J_2$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 2)	1.3369 m <sup>4</sup>	1.2889 m <sup>4</sup>

Tabella 3: Caratteristiche geometriche trave di bordo

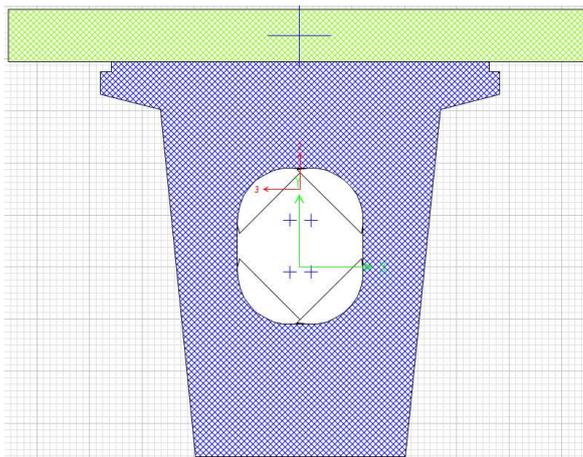


Figura 8: Trave appoggio bordo

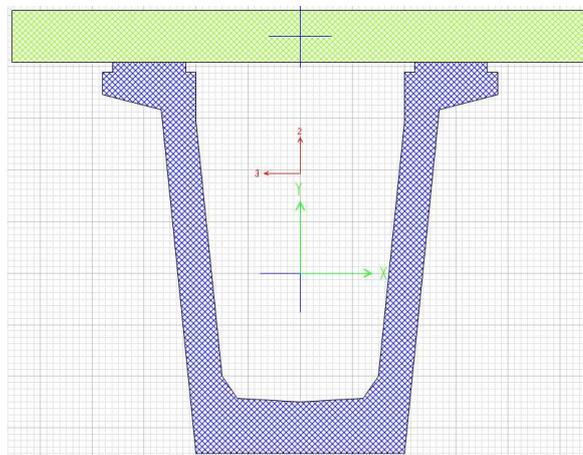


Figura 9: Trave corrente bordo

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	15 di 61

## 5.2 TRAVERSI

### *Traverso di testata (sezione piena)*

Si considera una larghezza collaborante di soletta pari a :

$$B = d_{est} + 5 \cdot s + b_{w,transverso}$$

dove:  $d_{est}$  sbalzo della soletta dal traverso

$s$  spessore medio della soletta

$b_{w,transverso}$  spessore del traverso

La larghezza collaborante omogeneizzata è pari a:

$$B_{omog.} = n B$$

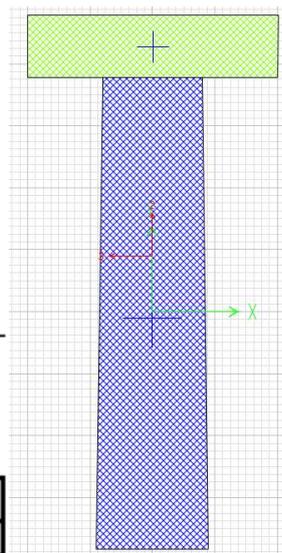
Nella tabella seguente sono riepilogate le grandezze definite.

#### TRAVERSO DI TESTATA

##### Sezione PIENA

$i$	28.40	m
$L_{incurvatura}$	3.4	m
$b_{col,1}$	0.625	m
$b_{col,1} < d_{col,est,max}$	0.5	m
$b_{int,1}$	0.6250	m
$b_{col,2}$	0	m
$b_{int,2}$	0	m
$d_{col}$	0.600	m
$d_{col,max}$	0.300	m
$s$	0.25	m
$b_{w,transverso}$	0.400	m

<b>Soletta collab. traverso di testata</b>	<b>1.125</b>	<b>m</b>
<b>Soletta collab. omogeneizz.</b>	<b>1.070</b>	<b>m</b>



<b>CARATTERISTICHE GEOMETRICHE TRAVERSO di TESTATA</b>	
<b>SEZIONE PIENA</b>	
<b>TRASV-T-PIENA</b>	
Y <sub>g</sub> (Baricentro dal fondo traverso)	0.7575 m
A <sub>trasv</sub> (area)	0.6060 m <sup>2</sup>
J <sub>3</sub> (Momento d'inerzia attorno all'asse 3)	0.1159 m <sup>4</sup>
J <sub>2</sub> (Momento d'inerzia attorno all'asse 2)	0.0081 m <sup>4</sup>
<b>CARATTERISTICHE GEOMETRICHE TRAVERSO+SOLETTA</b>	
B (Larghezza collaborante omogeneizz)	1.0697 m
H (Altezza di soletta collaborante)	0.250 m
A <sub>o</sub> (area)	0.7744 m <sup>2</sup>
Y <sub>g<sub>o</sub></sub> (Baricentro dal fondo traverso)	0.9564 m
A <sub>2</sub> (area di taglio in direzione 2)	0.7260 m <sup>2</sup>
A <sub>3</sub> (area di taglio in direzione 3)	0.2229 m <sup>2</sup>
K <sub>t</sub> (Momento d'inerzia torsionale)	0.0390 m <sup>4</sup>
J <sub>3</sub> (Momento d'inerzia attorno all'asse 3)	0.2273 m <sup>4</sup>
J <sub>2</sub> (Momento d'inerzia attorno all'asse 2)	0.0127 m <sup>4</sup>

Tabella 4: Caratteristiche geometriche traverso di testata (sezione piena)

### 5.3 SOLETTA

Per il calcolo degli effetti locali nella soletta dell'impalcato dalle azioni permanenti e variabili è stato utilizzato un modello a trave continua riferito ad una striscia di larghezza pari ad 1.00 m. Gli appoggi della trave continua sono posizionati in corrispondenza della mezzzeria dei “martelli” dei cassoni.

Tutti gli elementi che modellano la soletta hanno sezione trasversale di dimensioni 1.00xS, dove S è lo spessore medio della soletta pari a 0.25 m.

Nelle seguenti figure sono riportate le numerazioni dei nodi e degli elementi del modello.

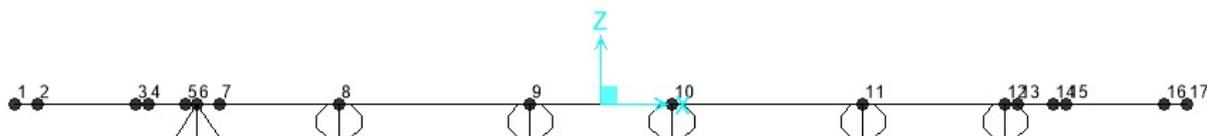
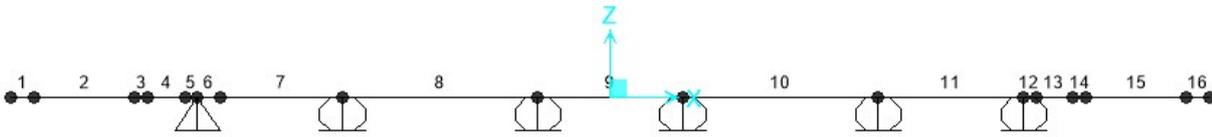


Figura 10: numerazione nodi modello trasversale soletta

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	17 di 61



*Figura 11: numerazione elementi modello trasversale soletta*

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	18 di 61

## 6 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

### 6.1 AZIONI PER TRAVI IN C.A.P.

#### 6.1.1 Carichi permanenti strutturali (G1)

##### 6.1.1.1 Cassoncini e traversi

I pesi propri dei cassoncini e dei traversi sono stati calcolati tramite la modellazione degli elementi in Sap2000 utilizzando un modello monodimensionale in semplice appoggio e considerando un peso di 25 kN/m<sup>3</sup>.

##### 6.1.1.2 Soletta strutturale

Si è attribuito a ciascun cassoncino il peso della soletta comprensiva di predalles come un carico uniformemente distribuito secondo le larghezze di influenza riportate nella tabella seguente. Lo spessore della soletta assunto è quello medio pari a 0.25m; lo spessore della predalle è pari a 0.05m;

**Soletta G1 sol**

Sp. Medio	0.30	m	
$\gamma_{cls}$	25	kN/mc	
P	7.5	kN/mq	carico distribuito trave sx
n° travi	3	-	
B_infl tr cent	3.4	m	
B_infl tr est	4.29	m	
p lin tr cent	25.5	kN/m	carico lineare su trave centrale tipo
p lin tr est	32.175	kN/m	carico lineare su trave di bordo
ecc tr est	1.77	m	
m lin tr est	56.95	kNm/m	momento dovuto allo sbalzo della soletta

#### 6.1.2 Carichi permanenti non strutturali (G2)

Rientrano nei carichi permanenti non strutturali il sovraccarico dovuto ai marciapiedi, e i carichi concentrati delle barriere di sicurezza, veletta e parapetti; si riporta una tabella riassuntiva dei valori dei carichi considerati.

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	19 di 61

Pavimentazione+impermeabilizzazione

sp._pavim.	0.1	m
sp._imp.	0	m
B_pavim.	8.7	m
n°_travi	3	-
$\gamma$ _pavim.	22	kN/mc
$\gamma$ _imp.	10	kN/mc
G2,k	2.20	kN/mq

Il carico è stato uniformemente ripartito sulle travi:

	trave 1	trave 2	trave 3
B_inf. [m]	2.65	3.4	2.65
G2 [kN/m]	5.83	7.48	5.83

Barriera Esterna lato trave SX G2 bar

Tipo	H4b		
ecc.	0.95	m	eccentricità rispetto la trave SX
P	1.5	kN/m	carico distribuito trave sx
m	1.425	kNm/m	momento distribuito trave sx
Tipo	Parapetto		
ecc.	2.37	m	eccentricità rispetto la trave SX
P	1	kN/m	carico distribuito trave sx
m	2.37	kNm/m	momento distribuito trave sx
Tipo	veletta		
ecc.	2.63	m	eccentricità rispetto la trave SX
P	1	kN/m	carico distribuito trave sx
m	2.63	kNm/m	momento distribuito trave sx
P_tot	3.5	kN/m	carico distribuito trave sx
m_tot	6.425	kNm/m	momento distribuito trave sx

Barriera Esterna lato trave DX G2 bar

Tipo	H4b		
ecc.	0.95	m	eccentricità rispetto la trave DX
P	1.5	kN/m	carico distribuito trave dx
m	1.425	kNm/m	momento distribuito trave dx
Tipo	Parapetto		
ecc.	2.37	m	eccentricità rispetto la trave DX
P	1	kN/m	carico distribuito trave dx
m	2.37	kNm/m	momento distribuito trave dx
Tipo	veletta		
ecc.	2.63	m	eccentricità rispetto la trave DX
P	1	kN/m	carico distribuito trave DX
m	2.63	kNm/m	momento distribuito trave DX
P_tot	3.5	kN/m	carico distribuito trave DX
m_tot	6.425	kNm/m	momento distribuito trave DX

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	20 di 61

### 6.1.3 Azioni variabili da traffico

Il viadotto è classificato di 1<sup>a</sup> categoria, ossia per il transito dei carichi mobili in seguito descritti con il loro intero valore.

I carichi verticali sono definiti per mezzo di schemi di carico. Sono previsti due schemi di carico distinti:

- Schema di Carico 1 - è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti;
- Schema di Carico 5 - è costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di 5,0 kN/m<sup>2</sup>. Il valore di combinazione è invece di 2,5 kN/m<sup>2</sup>;

#### Schema di carico 1

Lo schema di carico 1 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico stradale e risulta costituito da:

- due assi in tandem  $Q_{ik}$  ciascuno da 300 kN disposti ad interasse longitudinale pari a 1,20m ed interasse trasversale pari a 2.0m;
- carico distribuito di 9.0 kN/m<sup>2</sup> in entrambe le direzioni e per una lunghezza illimitata.

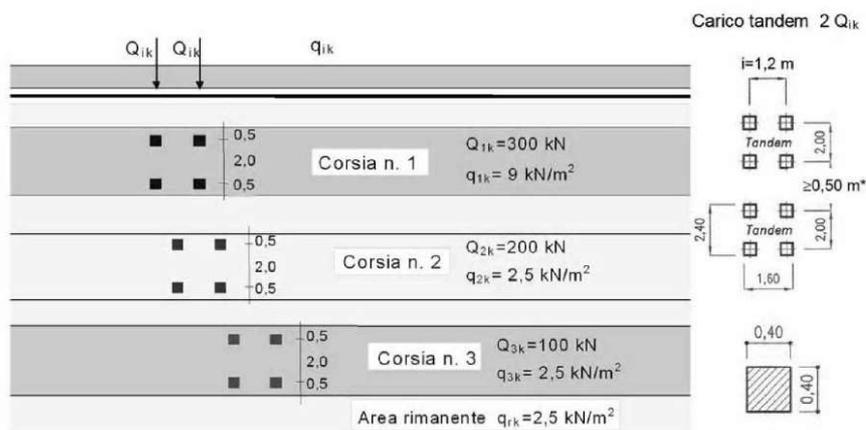


Figura 12: Schemi di carico 1

Il numero delle colonne di carichi mobili da considerare nel calcolo dei ponti di 1<sup>a</sup> Categoria è quello massimo compatibile con la larghezza della carreggiata, comprese le eventuali banchine di rispetto e per sosta di emergenza, nonché gli eventuali marciapiedi non protetti e di altezza inferiore a 20 cm, tenuto conto che la larghezza di ingombro convenzionale è stabilita per ciascuna colonna in 3,00 m.

Nell'impalcato in esame sono state considerate n.2 colonne di carico.

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	21 di 61

Per la presenza di carico accidentale di folla in corrispondenza dei due marciapiede, è stato considerato un carico uniformemente ripartito pari a 2.5 kN/m<sup>2</sup>. La larghezza del marciapiede considerata è pari a 1.00 m.

### 6.1.3.1 Ripartizione trasversale dei carichi accidentali

La ripartizione dei carichi tra le travi è stata effettuata nel seguente modo.

Per i carichi  $Q_{ik}$  sono state prese in considerazione le travi limitrofe ai carichi concentrati del tandem e la ripartizione del carico è stata valutata proporzionalmente alle distanze:

Considerando due travi generiche  $i$  e  $j$  limitrofe ad un carico  $F$ , dette  $d_i$  e  $d_j$  le rispettive distanze dal carico, i carichi  $F_i$  ed  $F_j$  sulle travi sono pari a:

$$F_i = F \times d_j / (d_i + d_j) \qquad F_j = F \times d_i / (d_i + d_j)$$

Per i carichi  $q_{ik}$  sono state prese in considerazione le larghezze di influenza di ciascuna trave ed il carico su ciascuna trave è stato ottenuto moltiplicando tali larghezze per il carico di superficie.

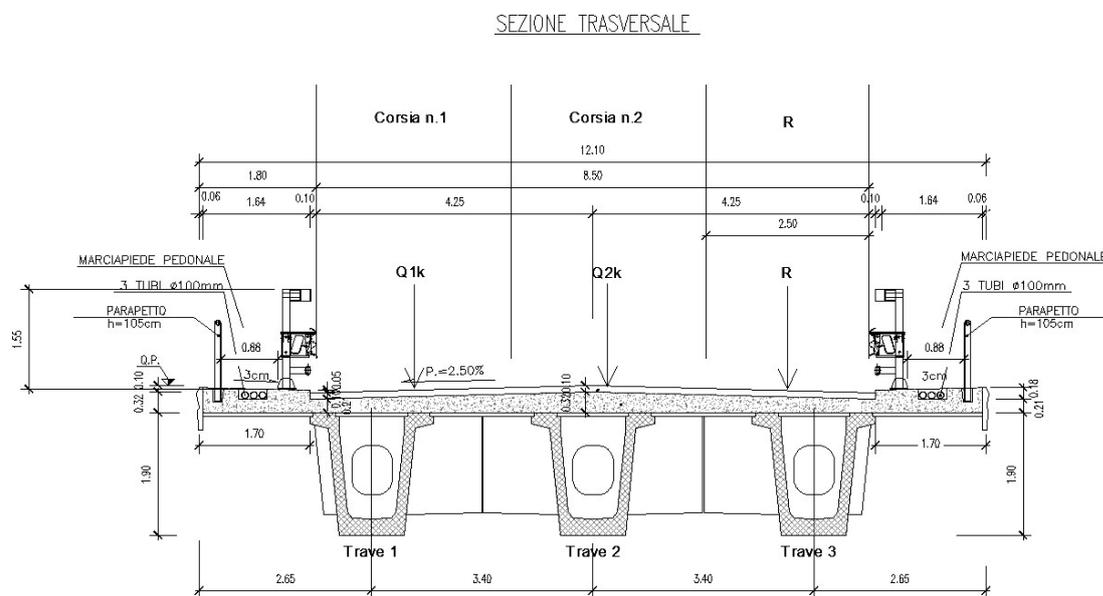


Figura 13. Schema di distribuzione trasversale dei carichi accidentali

Si riporta di seguito il calcolo dei carichi.

Si massimizzano le corsie allineate alla trave di sinistra.

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	22 di 61

	TR_1 trave 1	TR_2 trave 2	TR_3 trave 3
Carico qk; Qk Lane1 Distanze	0.65	2.75	
F 1	0.81	0.19	
Carico qk; Qk Lane2 Distanze		0.23	3.17
F 1		0.93	0.07
Carico qk; Qk Lane3 Distanze		3	0.4
F 1		0.12	0.88
SOMME	0.81	1.24	0.95

### *Schema di carico 5*

Lo schema di carico 5 schematizza gli effetti della folla compatta:

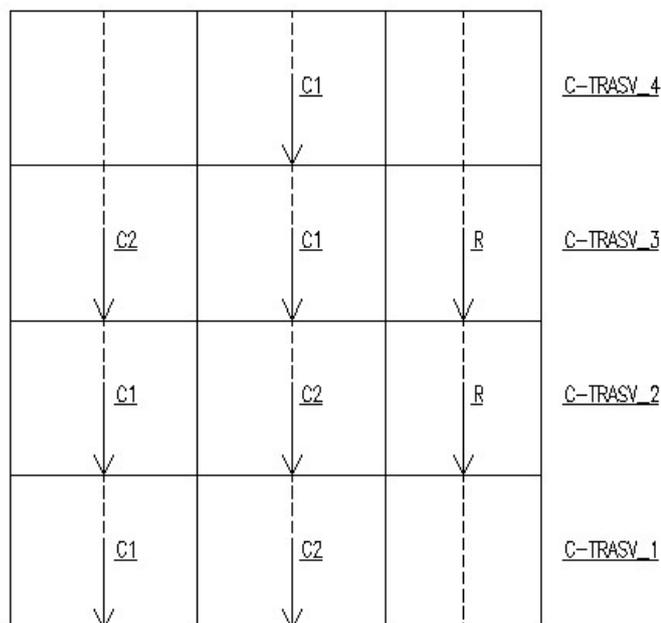


Schema di carico 5

Gli schemi di carico 1 e 5 sono stati disposti sull'impalcato al fine di massimizzare le azioni. In particolare, il carico Q<sub>ik</sub> è stato disposto secondo quattro configurazioni come riportato nella figura di seguito:

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	23 di 61



SEZIONE TRASVERSALE

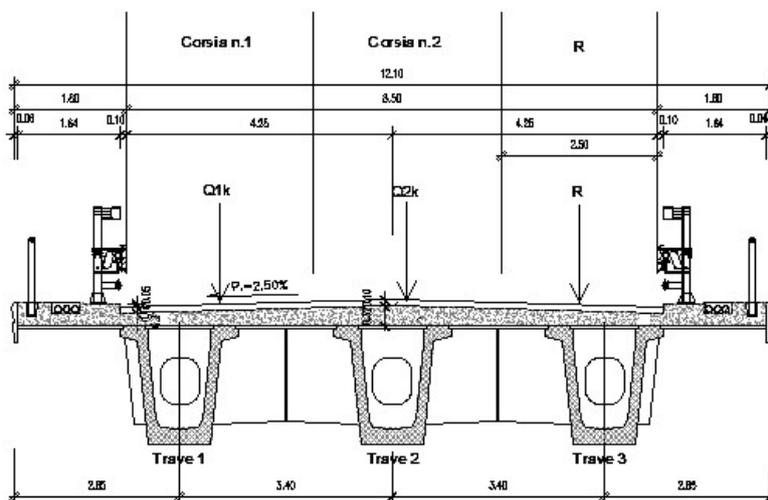


Figura 14: Configurazioni dei carichi variabili da traffico

Dove:

C1 = prima corsia di carico;

C2 = seconda corsia di carico;

R = corsia rimanente;

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	24 di 61

#### 6.1.4 Azioni longitudinali di frenamento o di accelerazione $q_3$ .

La forza di frenamento o di accelerazione  $q_3$  è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 ed è uguale a:

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0.6 \cdot (2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w_L \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

per i ponti di 1a categoria, essendo  $w_L$  la larghezza della corsia e L la lunghezza della zona caricata.

La forza di frenatura, applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia, è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata e include gli effetti di interazione; il valore di  $q_3$  risulta pari a 441kN.

Q1k	300	kN			
q1k	9	kN/m <sup>2</sup>			
w	3	m			
L	30	m			
n. travi	3	-			
q3	441.0	kN			
ecc.	0.75	m			
m_q3	330.8	kNm			

	Fx	My
	kN/m	kNm/m
<b>Q_FR</b>	4.90	3.68

La frenatura e l'accelerazione sono state distribuite ugualmente sulle singole travi.

#### 6.1.5 Gruppi di azioni

Sono stati definiti due gruppi di azioni in accordo al tabella 5.1.IV dell'NTC18.

Gruppo di azione 1:

schema di carico 1: al valore caratteristico

schema di carico 5 al valore di 2.5 kN/mq

Gruppo di azione 2a:

schema di carico 1: al valore frequente (0.75 per il carico  $Q_{ik}$  e 0.4 per il carico  $q_{ik}$ )

frenatura: al valore caratteristico.

#### 6.1.6 Azione del vento

Per la determinazione dell'azione dovuta al vento si fa riferimento alla NTC18 e relativa circolare. In particolare le istruzioni prevedono che la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni e sui loro elementi proceda secondo lo schema seguente:

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	25 di 61

- definite le caratteristiche del sito ove sorge la costruzione, si valuta la velocità di progetto e la pressione cinetica di picco del vento;
- definita la forma, le dimensioni e l'orientamento della costruzione, si valutano le azioni aerodinamiche di picco esercitate dal vento sulla costruzione e sui suoi elementi;
- definite le proprietà meccaniche della costruzione e dei suoi elementi si valutano le azioni statiche equivalenti.

Le analisi sono svolte considerando due condizioni di carico:

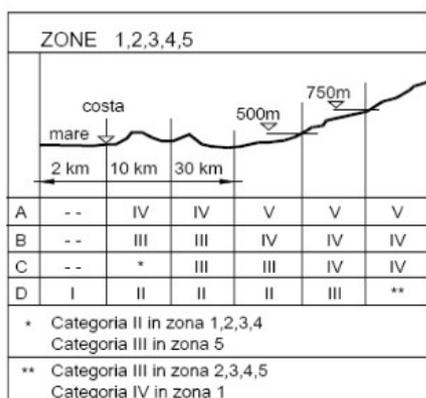
- 1) ponte scarico;
- 2) ponte carico.

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici.

Usualmente tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti dirette secondo due assi principali della struttura, tali azioni esercitano normalmente all'elemento di parete o di copertura, pressioni e depressioni  $p$  (indicate rispettivamente con segno positivo e negativo) di intensità calcolate con la seguente espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

- $q_b$  = pressione cinetica di riferimento;
- $c_e$  = coefficiente di esposizione;
- $c_p$  = coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico);
- $c_d$  = coefficiente dinamico.



Categoria di esposizione del sito	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

*Definizione della categoria di esposizione*

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	26 di 61

Il valore di  $c_e$  può essere ricavato mediante la relazione:

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

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

Zona	1	-
Vb,0	28	m/s
ao	1000	m
ks	0.54	adim
As	24	m.l.m
ca	1	adim
Vb	28	m/s

Tr	50	anni	Periodo di ritorno di progetto
cr	1.00	adim	coeff. Ritorno
Vr	28.02	m/s	Vel riferimento

$q_r$	490.72	N/m <sup>2</sup>
<b>p</b>	<b>2.12</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

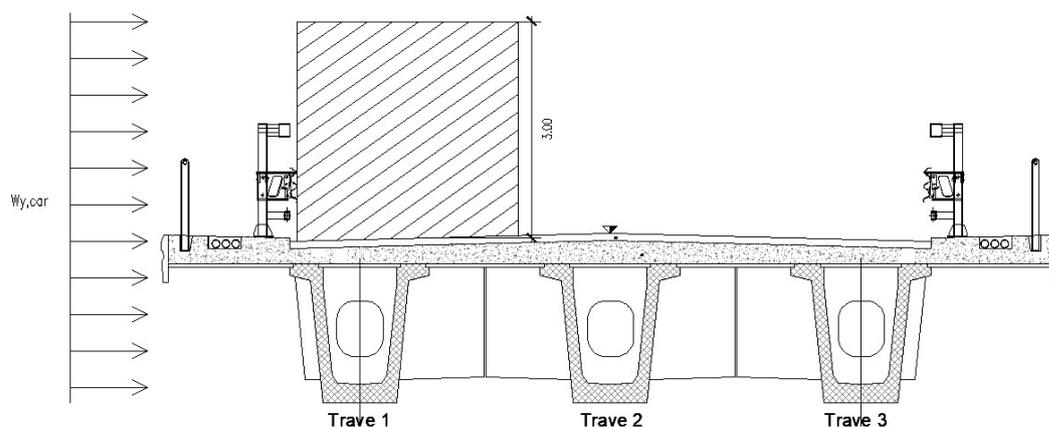


Figura 15: Schema vento a ponte carico

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	27 di 61

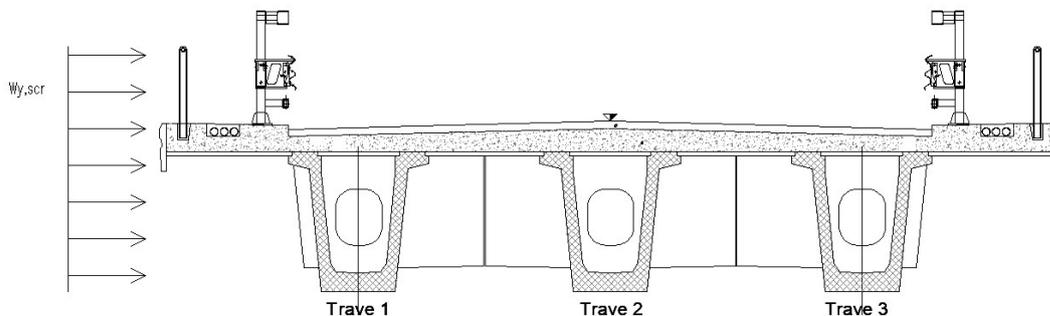


Figura 16. Schema vento a ponte scarico

Le azioni del vento e relativi momenti di trasporto al baricentro dell'impalcato sono riportati nella pagina seguente; nel caso di ponte scarico è stata considerata l'azione del vento agente su tutta l'altezza del parapetto per quanto riguarda il lato interno dell'impalcato, mentre sul lato esterno opposto, è stata considerata l'azione del vento su un'altezza pari alla somma dell'altezza dell'impalcato più quella del parapetto.

	Fy [kN/m]	Mx [kNm/m]
W <sub>y,car</sub>	11.13	13.52
W <sub>y,scr</sub>	6.99	1.68

**Azione del Vento a Ponte Scarico**

Htrave+soletta	2.15	m
hpav.	0.10	m
h_veicolo/barriera	1.05	m
hg_sezione	1.41	m
H_impronta vento	3.3	m
H_W	1.65	m
Interasse travi	3.4	m
Interasse travi	3	m
d/h	1.5814	-
coeff. Per travi successive	0	-
ecc._W	0.24	m

**Azione del Vento a Ponte Carico**

Htrave+soletta	2.15	m
hpav.	0.10	m
h_veicolo/barriera	3.00	m
hg_sezione	1.41	m
H_impronta vento	5.25	m
H_W	2.625	m
Interasse travi	3.4	m
n° travi	3	-
d/h	1.5814	-
coeff. Per travi successive	0	-
ecc._W	1.22	m

	Fy	Mx	
	kN/m	kNm/m	
W <sub>y,scr</sub>	6.99	1.68	Prima trave
	0.00	0.00	Travi successive
		0.25	tira e spingi

	Fy	Mx	
	kN/m	kNm/m	
W <sub>y,car</sub>	11.13	13.52	Prima trave
	0.00	0.00	Travi successive
		1.99	tira e spingi

	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA</b>  <b>OPERE RINCIPALI – PONTI e CAVALCAFERROVIA</b>  <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>												
<p>IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV01</td> <td>00</td> <td>D 09</td> <td>IV030A001A</td> <td>A</td> <td>28 di 61</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IV01	00	D 09	IV030A001A	A	28 di 61
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	28 di 61								

## 6.2 AZIONE SISMICA

Con riferimento alla normativa vigente (NTC18), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 delle NTC18), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1 delle NTC18, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4 delle NTC18.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli spettri di risposta di progetto sono stati definiti per tutti gli stati limite considerati, e, note la latitudine e la longitudine del sito, si sono ricavati i valori dei parametri necessari alla definizione dell’azione sismica e quindi del relativo spettro di risposta. Più avanti sono indicati i valori di  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

### 6.2.1 Vita nominale

La vita nominale di un’opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Per l’opera in esame viene assunta una vita nominale  $VN = 75$  anni.

### 6.2.2 Classe d’uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d’uso così definite:

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l’ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l’ambiente. Ponti,

opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d’uso III o in Classe d’uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

**Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l’ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l’ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, “*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Nel presente progetto si considera una **classe d’uso tipo III** con coefficiente d’uso  $C_U=1.5$ .

### 6.2.3 *Periodo di riferimento*

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d’uso  $C_U$  :

$$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \cdot 1.5 = 112.5 \text{ anni (periodo di riferimento).}$$

### 6.2.4 *Valutazione dei parametri di pericolosità sismica*

Fissata la vita di riferimento  $V_R$ , i due parametri  $T_R$  e  $P_{VR}$  sono immediatamente esprimibili, l’uno in funzione dell’altro, mediante l’espressione:

	<b>STATO LIMITE</b>	<b><math>P_{VR}</math>: probabilità di superamento nel periodo di riferimento</b>
<b>SLE</b>	SLO - Stato Limite di Operatività	81%
	SLD - Stato Limite di Danno	63%

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	30 di 61

<b>SLU</b>	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%

*Tabella 5 Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato*

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = -\frac{C_u \cdot V_N}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

da cui si ottiene la seguente tabella:

Stati limite		Valori in anni del periodo di ritorno $T_R$ al variare del periodo di riferimento $V_R$ (anni)
<b>SLE</b>	<b>SLO</b>	68
	<b>SLD</b>	113
<b>SLU</b>	<b>SLV</b>	1068
	<b>SLC</b>	2193

*Tabella 6 Valori in anni del periodo di ritorno  $T_R$  al variare del periodo di riferimento  $V_R$*

Per il sito in esame, in base ai parametri precedentemente adottati, il periodo  $T_R$  in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV è pari a  $T_R = 1068$  anni.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA</b> <b>OPERE RINCIPALI – PONTI e CAVALCAFERROVIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1 Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti	COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO IV030A001A	REV. A

## 6.2.5 Caratterizzazione sismica del terreno

### 6.2.5.1 Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale.

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC18.

I terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di **Categoria B**.

### 6.2.5.2 Condizioni topografiche

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

*Tabella 7 Classificazione topografica superfici*

Le categorie topografiche appena definite si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

L'area interessata risulta classificabile come **T1**.

### 6.2.5.3 Amplificazione Stratigrafica e Topografica

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC18 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente  $S = S_S \cdot S_T$  e di  $C_C$  in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle tabelle che sono riportate di seguito:

Categoria sottosuolo	$S_S$	$C_C$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 8 Calcolo parametri  $S_S$  e  $C_C$

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 9 Valori massimi dei coeff di amplificazione topografica  $S_T$

Il valore del coefficiente di amplificazione topografica è posto pari a  $S_T = 1$

I valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica sono pari a  $S_S = 1,20$  e  $C_C = 1,398$

### 6.2.6 Parametri sismici di calcolo

#### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

---

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

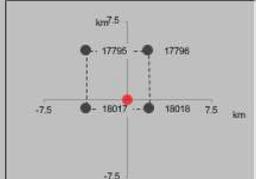
Sito esterno al reticolo

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

Figura 17 Individuazione della pericolosità del sito

#### 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"/>

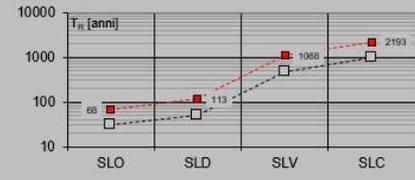
**Elaborazioni**

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



**LEGENDA GRAFICO**

--- Strategie per costruzioni ordinarie

--- Strategie scelte

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 18 Scelta della strategia di progettazione

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	34 di 61

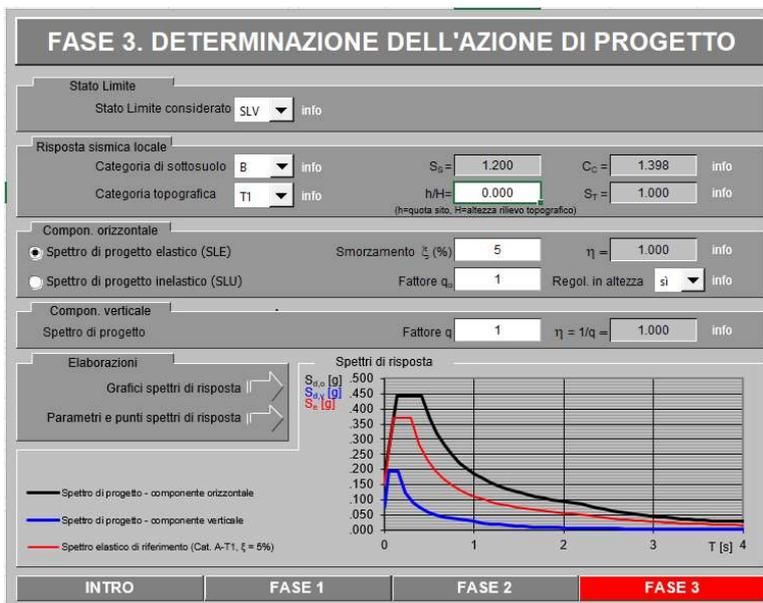


Figura 19 Determinazione dell'azione di progetto

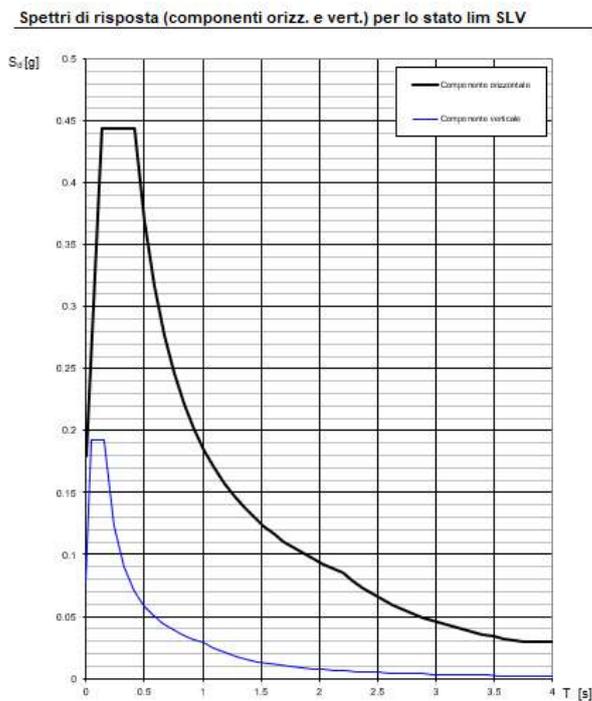


Figura 20 Grafico dello spettro di progetto

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	35 di 61

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.149 g
$F_o$	2.475
$T_c$	0.301 s
$S_s$	1.200
$C_c$	1.398
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.140 s
$T_C$	0.421 s
$T_D$	2.197 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_c(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $\eta q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.179
$T_B$	0.140	0.444
$T_C$	0.421	0.444
	0.506	0.369
	0.591	0.317
	0.675	0.277
	0.760	0.246
	0.844	0.221
	0.929	0.201
	1.013	0.184
	1.098	0.170
	1.183	0.158
	1.267	0.148
	1.352	0.138
	1.436	0.130
	1.521	0.123
	1.605	0.116
	1.690	0.111
	1.775	0.105
	1.859	0.101
	1.944	0.096
	2.028	0.092
	2.113	0.088
$T_D$	2.197	0.085
	2.283	0.079
	2.369	0.073
	2.455	0.068
	2.541	0.064
	2.627	0.060
	2.712	0.056
	2.798	0.052
	2.884	0.049
	2.970	0.047
	3.056	0.044
	3.142	0.042
	3.227	0.039
	3.313	0.037
	3.399	0.036
	3.485	0.034
	3.571	0.032
	3.657	0.031
	3.742	0.030
	3.828	0.030
	3.914	0.030
	4.000	0.030

## 7 COMBINAZIONI DI CARICO

Sulla base delle condizioni di carico elementare illustrate al §6 sono state definite le combinazioni di carico. Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC18 al par.2.5.3:

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

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

Combinazione caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche delle tensioni d'esercizio:

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

Combinazione caratteristica frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

Combinazione sismica:

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

Per le verifiche SLU si adottano i valori dei coefficienti parziali e dei coefficienti di combinazione riportati nelle seguenti figure.

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	37 di 61

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}$ , $\gamma_{\epsilon 3}$ , $\gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		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.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

Tab. 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	38 di 61

Sono stati definiti i seguenti gruppi di azione relativi al traffico stradale:

- gruppo di azione 1:

schema di carico 1: carico tandem  $Q_{ik}$  e carico distribuito  $q_{ik}$  presi con il valore caratteristico

schema di carico 5: carico folla sui marciapiedi preso con il valore di combinazione di 2.5

kN/mq

- gruppo di azione 2a:

schema di carico 1: carico tandem  $Q_{ik}$  e carico distribuito  $q_{ik}$  presi con il valore frequente

frenatura al valore caratteristico

Di seguito si riportano le combinazioni considerate nel calcolo.

### Combinazioni SLU

Nome	Ponte scarico															
	Scarico		Wind dominante						T dominante							
	GR01_SLU_D_01	GR00_SLU_D_02	GR00_SLU_D_03	GR00_SLU_D_04	GR00_SLU_D_05	GR00_SLU_D_06	GR00_SLU_D_07	GR00_SLU_D_08	GR00_SLU_D_09	GR00_SLU_D_10	GR00_SLU_D_11	GR00_SLU_D_12	GR00_SLU_D_13	GR00_SLU_D_14	GR00_SLU_D_15	GR00_SLU_D_16
DEAD	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
G1tot	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
G2tot	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
Wy_str	0	0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0	0	0,9	0,9	0	0	0,9	0,9
Wy_car	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	0	0	0	0	0,9	0,9	-0,9	-0,9	1,5	1,5	1,5	1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5
R	0	1,2	0	1,2	0	1,2	0	1,2	0	1,2	0	1,2	0	1,2	0	1,2
Q_FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C TRASV_1_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C TRASV_2_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C TRASV_3_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C TRASV_4_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C TRASV_1_F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C TRASV_2_F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C TRASV_3_F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C TRASV_4_F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nome	Vento dominante												
	GR01_SLU_V_01	GR01_SLU_V_02	GR01_SLU_V_03	GR01_SLU_V_04	GR01_SLU_V_05	GR01_SLU_V_06	GR01_SLU_V_07	GR01_SLU_V_08	GR01_SLU_V_09	GR01_SLU_V_10	GR01_SLU_V_11	GR01_SLU_V_12	
DEAD	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	
G1tot	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	
G2tot	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	
Wy_str	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Wy_car	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
T	0	0,9	-0,9	0	0,9	-0,9	0	0,9	-0,9	0	0,9	-0,9	
R	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
Q_FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C TRASV_1_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C TRASV_2_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C TRASV_3_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C TRASV_4_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C TRASV_1_F	1,35	1,35	1,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C TRASV_2_F	0	0	0	1,35	1,35	1,35	0	0	0	0	0	0	
C TRASV_3_F	0	0	0	0	0	0	1,35	1,35	1,35	0	0	0	
C TRASV_4_F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,35	1,35	1,35	

Nome	Temperatura dominante															
	GR01_SLU_T_13	GR01_SLU_T_14	GR01_SLU_T_15	GR01_SLU_T_16	GR01_SLU_T_17	GR01_SLU_T_18	GR01_SLU_T_19	GR01_SLU_T_20	GR01_SLU_T_21	GR01_SLU_T_22	GR01_SLU_T_23	GR01_SLU_T_24	GR01_SLU_T_25	GR01_SLU_T_26	GR01_SLU_T_27	GR01_SLU_T_28
DEAD	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
G1tot	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
G2tot	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Wy_str	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wy_car	0	0,9	0	0,9	0	0,9	0	0,9	0	0,9	0	0,9	0	0,9	0	0,9
T	1,5	1,5	-1,5	-1,5	1,5	1,5	-1,5	-1,5	1,5	1,5	-1,5	-1,5	1,5	1,5	-1,5	-1,5
R	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Q_FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C TRASV_1_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C TRASV_2_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C TRASV_3_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C TRASV_4_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C TRASV_1_F	1,35	1,35	1,35	1,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C TRASV_2_F	0	0	0	0	1,35	1,35	1,35	1,35	0	0	0	0	0	0	0	0
C TRASV_3_F	0	0	0	0	0	0	0	0	1,35	1,35	1,35	1,35	0	0	0	0
C TRASV_4_F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,35	1,35	1,35	1,35

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D 09 IV030A001A A 39 di 61

Traffico Dominante													
Gruppo 1													
Nome	GR01_SLU_Tr_01	GR01_SLU_Tr_02	GR01_SLU_Tr_03	GR01_SLU_Tr_04	GR01_SLU_Tr_05	GR01_SLU_Tr_06	GR01_SLU_Tr_07	GR01_SLU_Tr_08	GR01_SLU_Tr_09	GR01_SLU_Tr_10	GR01_SLU_Tr_11	GR01_SLU_Tr_12	
DEAD	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	
G1tot	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	
G2tot	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	
Wy_scr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Wy_car	0	0.9	0.9	0	0.9	0.9	0	0.9	0.9	0	0.9	0.9	
T	0	0.9	-0.9	0	0.9	-0.9	0	0.9	-0.9	0	0.9	-0.9	
R	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
Q_FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_1_K	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_2_K	0	0	0	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_3_K	0	0	0	0	0	0	1.35	1.35	1.35	0	0	0	
C_TRASV_4_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	1.35	1.35	
C_TRASV_1_F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_2_F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_3_F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_4_F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Traffico Dominante													
Gruppo 2a													
Nome	GR2a_SLU_Tr_01	GR2a_SLU_Tr_02	GR2a_SLU_Tr_03	GR2a_SLU_Tr_04	GR2a_SLU_Tr_05	GR2a_SLU_Tr_06	GR2a_SLU_Tr_07	GR2a_SLU_Tr_08	GR2a_SLU_Tr_09	GR2a_SLU_Tr_10	GR2a_SLU_Tr_11	GR2a_SLU_Tr_12	
DEAD	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	
G1tot	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	
G2tot	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	
Wy_scr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Wy_car	0	0.9	0.9	0	0.9	0.9	0	0.9	0.9	0	0.9	0.9	
T	0	0.9	-0.9	0	0.9	-0.9	0	0.9	-0.9	0	0.9	-0.9	
R	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
Q_FR	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	
C_TRASV_1_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_2_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_3_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_4_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_1_F	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_2_F	0	0	0	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_3_F	0	0	0	0	0	0	1.35	1.35	1.35	0	0	0	
C_TRASV_4_F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	1.35	1.35	

**Combinazioni SLE FREQUENTE**

Ponte scarico						
Nome	Scarico		Wind dominante		T dominante	
	GR00_FREQ_D_01	GR00_FREQ_D_02	GR00_FREQ_D_03	GR00_FREQ_D_04	GR00_FREQ_D_05	GR00_FREQ_D_06
DEAD	1	1	1	1	1	1
G1tot	1	1	1	1	1	1
G2tot	1	1	1	1	1	1
Wy_scr	0	0.2	0.2	0.2	0	0
Wy_car	0	0	0	0	0	0
T	0	0	0.5	-0.5	0.6	-0.6
R	1	1	1	1	1	1
Q_FR	0	0	0	0	0	0
C_TRASV_1_K	0	0	0	0	0	0
C_TRASV_2_K	0	0	0	0	0	0
C_TRASV_3_K	0	0	0	0	0	0
C_TRASV_4_K	0	0	0	0	0	0
C_TRASV_1_F	0	0	0	0	0	0
C_TRASV_2_F	0	0	0	0	0	0
C_TRASV_3_F	0	0	0	0	0	0
C_TRASV_4_F	0	0	0	0	0	0

Traffico Dominante													
Gruppo 2a													
Nome	GR2a_FREQ_Tr_01	GR2a_FREQ_Tr_02	GR2a_FREQ_Tr_03	GR2a_FREQ_Tr_04	GR2a_FREQ_Tr_05	GR2a_FREQ_Tr_06	GR2a_FREQ_Tr_07	GR2a_FREQ_Tr_08	GR2a_FREQ_Tr_09	GR2a_FREQ_Tr_10	GR2a_FREQ_Tr_11	GR2a_FREQ_Tr_12	
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
G1tot	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
G2tot	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Wy_scr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Wy_car	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T	0	0.5	-0.5	0	0.5	-0.5	0	0.5	-0.5	0	0.5	-0.5	
R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Q_FR	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
C_TRASV_1_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_2_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_3_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_4_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_1_F	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_2_F	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
C_TRASV_3_F	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	
C_TRASV_4_F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	40 di 61

**Combinazioni SLE QUASI PERMANENTE**

Nome	Ponte scarico		
	Scarico	T dominante	
	GR00_QPERM_D_01	GR00_QPERM_D_02	GR00_QPERM_D_03
DEAD	1	1	1
G1tot	1	1	1
G2tot	1	1	1
Wy_scr	0	0	0
Wy_car	0	0	0
T	0	0.5	-0.5
R	1	1	1
Q_FR	0	0	0
C_TRASV_1_K	0	0	0
C_TRASV_2_K	0	0	0
C_TRASV_3_K	0	0	0
C_TRASV_4_K	0	0	0
C_TRASV_1_F	0	0	0
C_TRASV_2_F	0	0	0
C_TRASV_3_F	0	0	0
C_TRASV_4_F	0	0	0

**Combinazioni SISMICHE**

Nome	SISMA		
	SISMA_X_SLV	SISMA_Y_SLV	SISMA_Z_SLV
DEAD	1	1	1
G1tot	1	1	1
G2tot	1	1	1
Spettro X	1	0.3	0.3
Spettro Y	0.3	1	0.3
Spettro Z	0.3	0.3	1

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	41 di 61

## 8 VERIFICA DEI TRAVERSI

### 8.1 ARMATURA

#### 8.1.1 Armatura di precompressione

Precompressione inferiore: 1 cavo da 7 trefoli da 0.6"  
Precompressione superiore: 1 cavo da 7 trefoli da 0.6"

Distanza cavo inferiore da intradosso traverso: **15.0** cm

Distanza cavo superiore da intradosso traverso: **122.0** cm

#### 8.1.2 Armatura ordinaria

5  $\phi$  12 sup. c = 4 cm

5  $\phi$  12 inf. c = 4 cm

#### 8.1.3 Armatura lenta soletta

$\phi$  18/20 sup. c = 4.5 cm

$\phi$  18/20 inf. c = 4.0 cm

#### 8.1.4 Caratteristiche materiali

##### 8.1.4.1 Traverso

###### CALCESTRUZZO

$R_{ck}$	550	kg/cm <sup>2</sup>	C45/55
$R_{ckj}$	470	kg/cm <sup>2</sup>	$R_{ck}$ raggiunta dal cls al momento del rilascio dei trefoli (che quindi avviene prima di 28 gg di stagionatura)
$f_{ck}$	450	kg/cm <sup>2</sup>	C45/55
$f_{ckj}$	390	kg/cm <sup>2</sup>	$f_{ckj} = 0.83R_{ckj}$
$f_{cm}$	530	kg/cm <sup>2</sup>	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
$f_{ctm}$	38.0	kg/cm <sup>2</sup>	$f_{ctm} = 0.3f_{ck}^{2/3}$ per $cls \leq C50/60$ ; $2.12 \ln(1+f_{cm}/10)$ $cls > C50/60$
$f_{ctk}$	26.57	kg/cm <sup>2</sup>	$f_{ctk}(5\%) = 0.7f_{ctm}$
$E_{cm}$	362 832	kg/cm <sup>2</sup>	modulo elastico istantaneo del cls (a to)
$E_{cm,j}$	350 009	kg/cm <sup>2</sup>	

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	42 di 61

**ACCIAIO TREFOLI**

$f_{ptk}$	1860	MPa	tensione caratteristica a rottura
$f_{p(1)k}$	1670	MPa	tensione caratteristica che corrisponde ad una deformazione dell'1% sotto carico
$E_p$	2100000	kg/cm <sup>2</sup>	
$\sigma_{sp0}$	1350	MPa	tensione di tiro applicata ad un trefolo
$A_{nominale}$	1.39	cm <sup>2</sup>	area nominale di 1 trefolo
$\phi$	15.2	mm	diametro nominale trefoli
rilass. iniz.	0.0	%	della tensione di tiro (rilassamento iniziale che avviene tra la tesatura dei cavi ed il loro rilascio)
$\sigma_{spi}$	1350	MPa	tensione di tiro applicata ad un trefolo

**ARMATURA LENTA**

$f_{yk}$	450	MPa	B450
----------	-----	-----	------

**8.1.4.2 Soletta**

**CALCESTRUZZO**

$R_{ck}$	450	kg/cm <sup>2</sup>	C35/45
$f_{ck}$	350	kg/cm <sup>2</sup>	C35/45
$\alpha$	1.00E-05	°C <sup>-1</sup>	coeff. di dilatazione termica cls
$f_{cm}$	430	kg/cm <sup>2</sup>	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
$f_{ctm}$	32.1	kg/cm <sup>2</sup>	$f_{ctm} = 0.3f_{ck}^{2/3}$ per cls≤C50/60; $2.12\ln(1+f_{cm}/10)$ cls>C50/60
$f_{ctk}$	26.96	kg/cm <sup>2</sup>	$f_{ctk}(5\%) = 0.7f_{ctm} = 0.7 \cdot (1.2f_{ctm})$
$E_{cm}$	340 771	kg/cm <sup>2</sup>	
coeff. omog	0.939	-	

**ARMATURA**

$f_{yk}$	450	MPa	B450
----------	-----	-----	------

**8.1.5 Limiti tensionali**

**LIMITI TENSIONALI**

		Tiro	
TREFOLI	$f_{ptk}$	1860	MPa
	$\sigma_a$ , traz adm	1395	MPa
Cls Traverso	$\sigma_a$ , traz adm	3.80	MPa
	$\sigma_o$ oompr, adm	27	MPa
Cls Soletta	$\sigma_a$ , traz adm	-	MPa
	$\sigma_o$ oompr, adm	-	MPa
Armatura lenta		360	MPa

**8.2 CARATTERISTICHE SEZIONE DI VERIFICA**

Si riportano in seguito le caratteristiche geometriche delle sezioni di verifica dei traversi:

**Sezione traverso:**

$n$	5.7878	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-cla)
$A$	0.5841	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
$y_G$	0.7646	m	(baricentro della sez. omog. da intradosso traverso)
$J_3$	0.1142	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
$J_2$	0.0070	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
$W_{inf}$	0.1493	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra traverso inferiore)
$W_{sup}$	0.1492	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra traverso superiore)

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	43 di 61

**Sezione traverso con soletta collaborante:**

n =	5.7878 -	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc)
A =	1.1335 m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
yG =	1.1958 m	(baricentro della sez. omog. da intradosso traverso)
J3 =	0.3411 m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
J2 =	0.2102 m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
Winf =	0.2853 m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra inferiore del traverso)
Wsup =	1.0207 m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra superiore del traverso)
Wsup,soletta =	0.5849 m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra superiore della soletta)

### 8.3 VERIFICA AL TIRO

Si riportano in seguito i risultati delle verifiche eseguite sui traversi all'atto del tiro: le verifiche risultano soddisfatte.

TREFOLI			VERIFICA AL TIRO		
<b>Tensioni elementari</b>					
y <sub>trefolo</sub>	prec.iniz.	perdite 1° fase	y <sub>trefolo</sub>	σ	
15.00	-1108.31	221.66	15.00	-1108.3	verif
122.00	-1110.99	222.20	122.00	-1111.0	verif

ARMATURA LENTA del TRAVERSO			VERIFICA AL TIRO		
<b>Tensioni elementari</b>					
y <sub>verifica</sub>	prec.iniz.	perdite 1° fase	y <sub>verifica</sub>	σ	
y <sub>inf.am</sub>	7.94	-1.59	y <sub>inf.am</sub>	7.9	verif
y <sub>sup.am</sub>	4.36	-0.87	y <sub>sup.am</sub>	4.4	verif

CLS TRAVERSO E SOLETTA			VERIFICA AL TIRO		
<b>Tensioni elementari</b>					
y <sub>verifica</sub>	prec.iniz.	perdite 1° fase	y <sub>verifica</sub>	σ	
y <sub>inf.soletta</sub>	-	-0.14	y <sub>inf.soletta</sub>	-	-
y <sub>sup.soletta</sub>	-	0.00	y <sub>sup.soletta</sub>	-	-
y <sub>inf.trav</sub>	1.39	-0.28	y <sub>inf.trav</sub>	1.4	verif
y <sub>sup.trav</sub>	0.73	-0.15	y <sub>sup.trav</sub>	0.7	verif
yG trefoli inf	1.33				
yG trefoli sup	0.87				

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

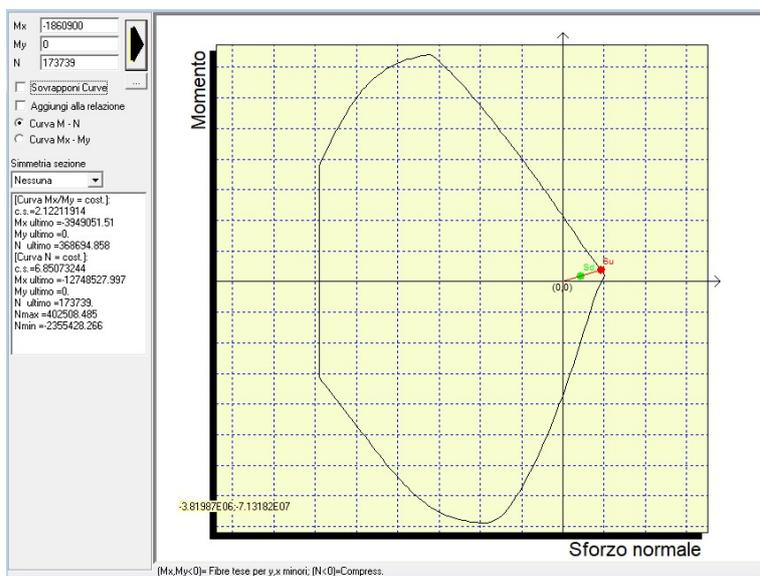
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	44 di 61

## 8.4 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

### 8.4.1 Verifica a pressoflessione

Si riportano le sollecitazioni elementari ed i rispettivi coefficienti di combinazione con cui sono state eseguite le verifiche ad SLU; per la precompressione si è assunta una perdita complessiva del tiro pari al 20%.

	N [kN]	M [kNm]	coefficienti	N [kN]	M [kNm]
<b>Peso trasverso</b>	0	-89	1.35	0	-120.15
<b>Permanenti</b>	0	-251	1.5	0	-376.50
<b>Accidentali</b>	0	333	1.35	0	449.55
<b>Precompressione (-20%PERDITE)</b>	1737.39	-138.99	1	1737.39	-138.99
<b>Totale</b>	<b>1737.39</b>	<b>-186.09</b>			



Il coefficiente di sicurezza è pari a 2.12 pertanto la verifica risulta soddisfatta.

### 8.4.2 Verifica a taglio

Si riportano le verifiche a taglio nella sezione maggiormente sollecitata; per tale verifica si fa riferimento a quanto riportato al §4.1.2.3.5.1 delle NTC18 relativamente agli elementi in calcestruzzo armato precompresso (Formula [4.1.24]):

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	45 di 61

$$V_{Rd} = 0,7 b_w d (f_{ctd}^2 + \sigma_{cp} f_{ctd})^{1/2}.$$

	T[kN]	coefficienti	T[kN]
<i>pp traverso</i>	66.00	1.35	89.10
<i>p soletta</i>	235.00	1.35	317.25
<i>perm portati</i>	83.00	1.50	124.50
<i>Accidentale</i>	245.00	1.35	330.75
<i>Vento</i>	-12.58	1.00	-12.58
<b>totale</b>			<b>849.02</b>

	f <sub>ck</sub>	b <sub>w</sub>	h	c	ϕ <sub>long</sub> /2	d	f <sub>ctd</sub>	N	σ	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Ed</sub>	C.S.
	[Mpa]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[Mpa]	[N]	[Mpa]	[N]	[N]	[-]
Combo												
SLU	45.00	380	1530	40	6	1484	3.80	0	0.000	1498230	849020	1.76

Il coefficiente di sicurezza risulta superiore all'unità dunque la verifica risulta soddisfatta.

## 9 VERIFICHE DELLA SOLETTA IN DIREZIONE TRASVERSALE

### 9.1 AZIONI PER MODELLO TRASVERSALE SOLETTA

Si analizza una larghezza di soletta pari ad 1m in accordo con quanto riportato nel §4.3.

#### 9.1.1 Carichi permanenti strutturali (G1)

Questa categoria di carichi comprende il peso proprio degli elementi strutturali. Il carico viene automaticamente considerato nel modello di calcolo sulla base delle caratteristiche geometriche delle sezioni attribuite agli elementi del modello e delle caratteristiche di peso specifico del materiale attribuito alla sezione.

#### 9.1.2 Carichi permanenti non strutturali (G2)

I carichi dovuti al peso della pavimentazione e della porzione di marciapiede realizzata in seconda fase sono stati assegnati come carichi distribuiti considerando per il marciapiede il peso di 25kN/m<sup>3</sup> ed un'altezza complessiva di 0.15m mentre per la pavimentazione un peso per unità di volume di 22 kN/m<sup>3</sup> con uno spessore di 0.10m.

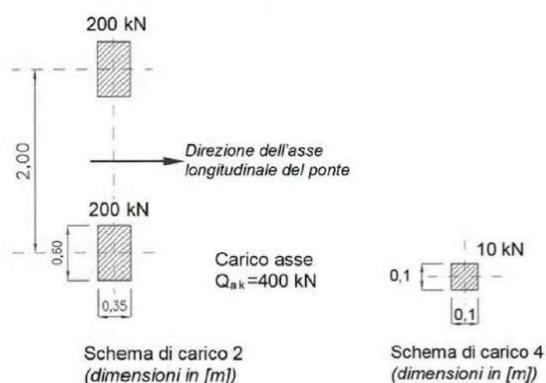
IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	46 di 61

	<b>P</b> [kN/m]
marciapiede	3.75
bariera	1.50
parapetto	1.00
veletta	1.00
pavimentazione	2.20

### 9.1.3 Carichi accidentali ( $q_1$ )

Ai fini del calcolo delle strutture secondarie dell'impalcato (solette, marciapiedi, traversi, ecc.) si devono prendere in considerazione i carichi definiti per l'impalcato, nelle posizioni di volta in volta più gravose per l'elemento considerato. In alternativa si considera, se più gravoso, il carico associato allo Schema 2, disposto nel modo più sfavorevole e supposto viaggiante in direzione longitudinale. Per i marciapiedi protetti da scurvia e per i ponti di 3° Categoria si considera il carico associato allo Schema 4. Nella determinazione delle combinazioni di carico si indica come carico  $q_1$  la disposizione dei carichi mobili che, caso per caso, risulta più gravosa ai fini delle verifiche.

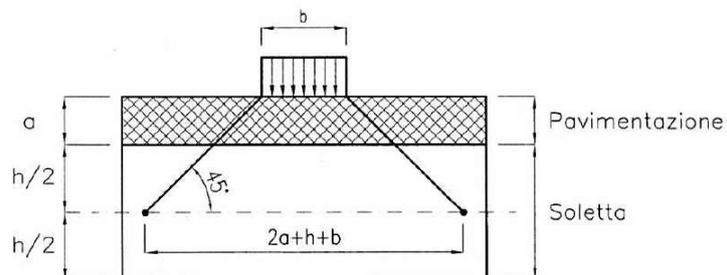


#### 9.1.3.1 Diffusione delle impronte di carico

I carichi concentrati da considerarsi ai fini delle verifiche locali ed associati agli Schemi di Carico 1, 2, 3 e 4 si assumono uniformemente distribuiti sulla superficie della rispettiva impronta. La diffusione attraverso la pavimentazione e lo spessore della soletta si considera avvenire secondo un angolo di  $45^\circ$ , fino al piano medio della struttura della soletta sottostante:

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	47 di 61



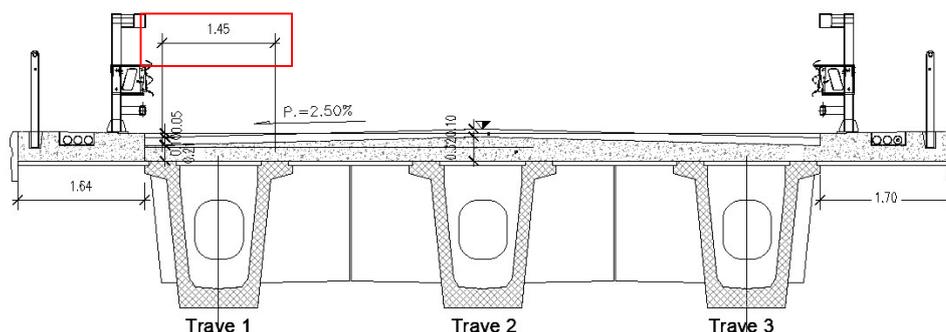
**Figura 5.1.3a** – *Diffusione dei carichi concentrati nelle solette*

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	48 di 61

## 9.2 VERIFICA TRATTO DI SOLETTA TRA LE TRAVI

La prima verifica eseguita riguarda il tratto di soletta compresa tra le travi per cui viene considerato lo schema di carico 2; assumendo uno schema statico di doppio incastro, i vincoli risultano disposti ad una distanza di 1.45m come mostrato in seguito:



### Schema di carico 2

$Q_{ak} =$	200	kN	nero	0.1	m
Impronte:	0.35	m lon	soletta	0.25	m
	0.6	m trasv	predalla	0.05	m
$B_{trasv} =$	1.05	m	Luce soletta	1.45	m
$B_{long} =$	0.80	m	Luce soletta x T	1	
			Fattore di vincolo	12	incastro
$p_{Qak}$	238.10	$kN/m^2$			

### Analisi dei carichi

- peso nero	2.2	$kN/m^2$
- peso soletta	6.25	$kN/m^2$
- peso predalla	1.25	$kN/m^2$
	<hr/>	
	9.7	$kN/m^2$

### Coefficienti di combinazione:

SLU	SLE_R	SLE_F	SLE_QP	
1.35	1	0.75	0	Coeff. Azioni Variabili
1.35	1	1	1	Coeff. G1

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	49 di 61

1.5

1

1

1

Coeff. G2 (per la sola predalle allo SLU è stato assunto pari a 1.35)

**Sollecitazione di verifica:**

	Permanenti		Accidentali		
M <sub>Slu</sub>	2.35	+	56.32	=	58.67 kNm/m
T <sub>Slu</sub>	6.71	+	160.71	=	167.43 kN/m
M <sub>Sle_R</sub>	1.70	+	41.72	=	43.42 kNm/m
T <sub>Sle_R</sub>	4.9	+	119.05	=	123.90 kN/m
M <sub>Sle_F</sub>	1.70	+	31.29	=	32.99 kNm/m
T <sub>Sle_F</sub>	4.9	+	89.29	=	94.14 kN/m
M <sub>Sle_QP</sub>	1.70	+	0.00	=	1.70 kNm/m
T <sub>Sle_QP</sub>	4.9	+	0.00	=	4.85 kN/m

Il primo addendo è riferito ai carichi permanenti mentre il secondo ai carichi accidentali.

Si è assunto un modello di trave doppiamente incastrata:

$$M = 1/12 p L^2$$

$$T = 1/2 p L$$

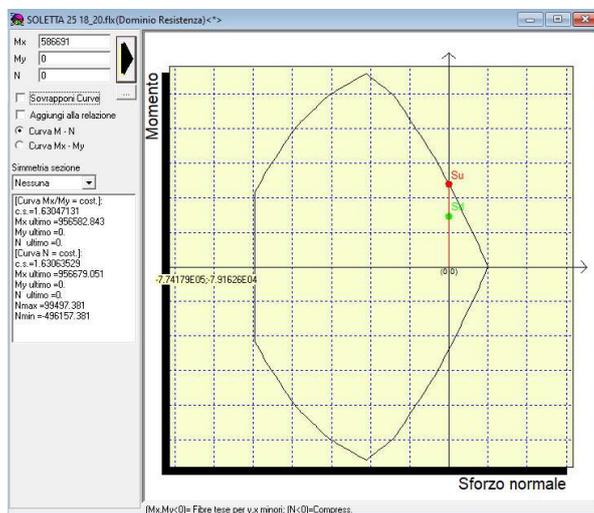
### 9.2.1 Verifiche SLU

Si dispone un armatura di  $\phi 18/20$  superiormente ed inferiormente

#### 9.2.1.1 Verifica a flessione

	Mlong (kNm)	cs
M <sub>Slu</sub>	58.67	1.63

Verificato



### 9.2.1.2 Verifica a taglio

#### VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC2018 SENZA ARMATURE A TAGLIO

$V_{Ed} = T_{SLU}$	126.44	kN
	126440	N
$R_{\alpha}$	45	MPa
$f_{\alpha}$	37.35	MPa
H sezione	250	mm
c netto	40	mm
Ø staffa	18	mm
Ø arm tesa	18	mm
d	210.00	mm
k	1.976	
Asl	1272.3	
$b_w$	1000	mm
$\rho_l$	0.006058786	
$N_{Ed}$	0	kN
	0	N
Ac	250000	mm <sup>2</sup>
$\sigma_{cp}$	0	MPa
$f_{cd}$	23.684	MPa
$\gamma_c$	1.5	
$C_{Rd,c}$	0.12	
$V_{min}$	0.59	0.5
$V_{Rd,c}$	140839.43	N
$V_{Rd,c \min}$	124761.36	N
$V_{Rd,c \text{ effettivo}}$	140839.43	N
<b>Verifica</b>	<b>OK</b>	

## 9.2.2 Verifiche SLE

### 9.2.2.1 Stato limite di formazione delle fessure

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_f = f_{ctm} / 1,2 = 3.35/1.2 = - 2.79 \text{ MPa}$$

	$\sigma_t \text{ max}$	$\sigma_{cls-}$		Verifica
Comb frequente	-2.79	-1.92	N/mm <sup>2</sup>	Verifica soddisfatta
Comb quasi perm		-1.45	N/mm <sup>2</sup>	Verifica soddisfatta

Nel caso in esame non si supera lo stato limite di formazione delle fessure e quindi non occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure

### 9.2.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio

Si procede inoltre con la verifica tensionale per le combinazioni rara e quasi permanente.

Per tali combinazioni deve risultare:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,60 * f_{ck} = 22.41 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,45 * f_{ck} = 16.80 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

	$\sigma_c \text{ max}$	$\sigma_c \text{ Mmax}$		Verifica
Comb rara	22.41	8.34	N/mm <sup>2</sup>	Verifica soddisfatta
Comb quasi perm	16.8075	0.33	N/mm <sup>2</sup>	Verifica soddisfatta

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto  $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,80 * f_{yk} = 360.0 \text{ Mpa}$$

	$\sigma_s \text{ max}$	$\sigma_s$		Verifica
Comb rara	-360.000	-225.8	N/mm <sup>2</sup>	Verifica soddisfatta

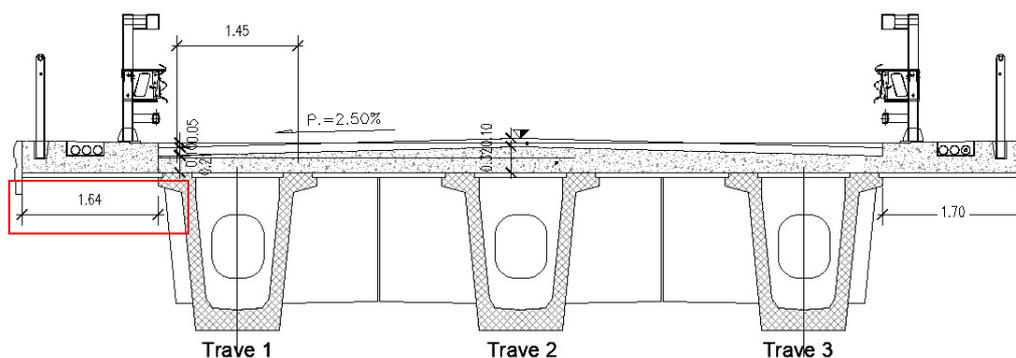
Le verifiche risultano soddisfatte in quanto  $\sigma_s < \sigma_{s,max}$ .

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	52 di 61

### 9.3 VERIFICA TRATTO DI SOLETTA SBALZO

La prima verifica in questo caso riguarda il tratto di soletta a sbalzo per cui viene considerato lo schema di carico 4.



#### Schema di carico 4

$Q_{ak} =$	10	kN	nero	0	m
Impronte:	0.1	m lon	soletta	0	m
	0.1	m trasv	predalla	0	m
$B_{travv} =$	0.55	m	Luce soletta	1.64	m
$B_{long} =$	0.55	m	Luce soletta x T	1.64	
			Fattore di vincolo	12	incastro
$p_{Qak}$	33.06	kN/m <sup>2</sup>			

#### Analisi dei carichi

- peso nero	0	kN/m <sup>2</sup>
- peso soletta	10	kN/m <sup>2</sup>
- peso predalla	1.25	kN/m <sup>2</sup>
	<hr/>	
	11.25	kN/m <sup>2</sup>
- veletta	1	kN/m
- parapetto	1	kN/m
- sicurvia	1.5	kN/m
	<hr/>	
	3.5	kN/m

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	53 di 61

### Coefficienti di combinazione:

SLU	SLE_R	SLE_F	SLE_QP	
1.35	1	0.75	0	Coeff. Azioni Variabili
1.35	1	1	1	Coeff. G1
1.5	1	1	1	Coeff. G2 (per la sola predalle allo SLU è stato assunto pari a 1.35)

### Sollecitazione di verifica:

	Permanenti	+	Accidentali	
M <sub>slu</sub>	18.82	+	30.01	= 48.83 kNm/m
T <sub>slu</sub>	30.16	+	73.19	= 103.35 kN/m
M <sub>sle_R</sub>	13.30	+	22.23	= 35.53 kNm/m
T <sub>sle_R</sub>	21.95	+	54.21	= 76.16 kN/m
M <sub>sle_F</sub>	13.30	+	16.67	= 29.98 kNm/m
T <sub>sle_F</sub>	21.95	+	40.66	= 62.61 kN/m
M <sub>sle_QP</sub>	13.30	+	0.00	= 13.30 kNm/m
T <sub>sle_QP</sub>	21.95	+	0.00	= 21.95 kN/m

Il primo addendo è riferito ai carichi permanenti mentre il secondo ai carichi accidentali.

Si è assunto un modello di trave a mensola:

$$M = 1/2 p L^2/2 \text{ (per i carichi distribuiti)}$$

$$M = P L \text{ (per i carichi concentrati)}$$

$$T = p L \text{ (per i carichi distribuiti)}$$

$$T = P \text{ (per i carichi concentrati)}$$

### 9.3.1 Verifiche SLU

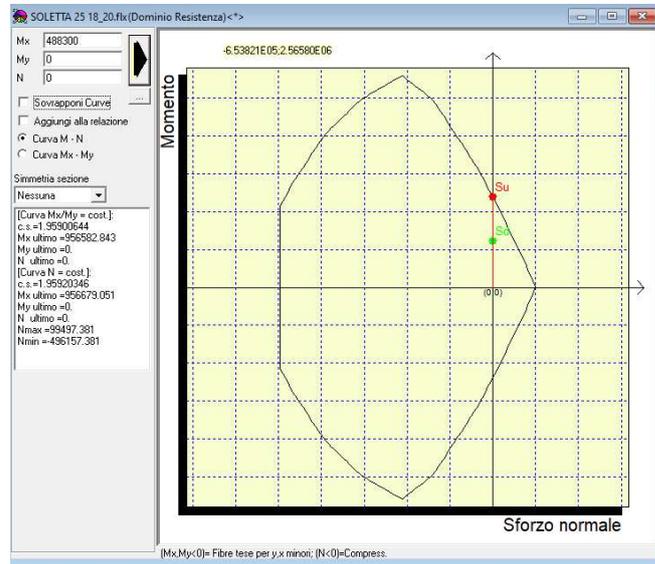
Si dispone un armatura di  $\phi 18/20$  superiormente ed inferiormente

#### 9.3.1.1 Verifica a flessione

	Mlong (kNm)	cs	
M <sub>Slu</sub>	48.83	1.96	Verificato

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	54 di 61



### 9.3.1.2 Verifica a taglio

#### VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC2018 SENZA ARMATURE A TAGLIO

$V_{Ed} = T_{SLU}$	103.35	kN
	103347.58	N
$R_{ck}$	45	MPa
$f_{ck}$	37.35	MPa
H sezione	250	mm
c netto	40	mm
Ø staffa	18	mm
Ø arm tesa	18	mm
d	210.00	mm
k	1.976	
$b_w$	1000	mm
$A_{sl}$	1272.3	mm <sup>2</sup>
$\rho_l$	0.006058786	
$N_{Ed}$	0	kN
	0	N
$A_c$	250000	mm <sup>2</sup>
$\sigma_{cp}$	0	MPa
$f_{cd}$	23.684	MPa
$\gamma_c$	1.5	
$C_{Rd,c}$	0.12	
$v_{min}$	0.59	
$V_{Rd,c}$	140839.43	N
$V_{Rd,c \min}$	124761.36	N
$V_{Rd,c \text{ effettivo}}$	140839.43	N
Verifica	OK	

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	55 di 61

### 9.3.2 Verifiche SLE

#### 9.3.2.1 Stato limite di formazione delle fessure

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione del calcestruzzo della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_f = f_{ctm} / 1,2 = 3.35/1.2 = - 2.79 \text{ Mpa}$$

	$\sigma_t \text{ max}$	$\sigma_{cls-}$		<b>Verifica</b>
<b>Comb frequente</b>	-2.79	-1.92	N/mm <sup>2</sup>	<b>Verifica soddisfatta</b>
<b>Comb quasi perm</b>		-1.45	N/mm <sup>2</sup>	<b>Verifica soddisfatta</b>

Non si supera lo stato limite di formazione delle fessure: non occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure

#### 9.3.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio

Si procede inoltre con la verifica tensionale per le combinazioni rara e quasi permanente.

Per tali combinazioni deve risultare:

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,60 * f_{ck} = 22.41 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_c < \sigma_{c,max} = 0,45 * f_{ck} = 16.80 \text{ MPa} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

	$\sigma_c \text{ max}$	$\sigma_c \text{ Mmax}$		<b>Verifica</b>
<b>Comb rara</b>	22.41	6.83	N/mm <sup>2</sup>	<b>Verifica soddisfatta</b>
<b>Comb quasi perm</b>	16.8075	1.64	N/mm <sup>2</sup>	<b>Verifica soddisfatta</b>

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto  $\sigma_c < \sigma_{c,max}$

Inoltre per la combinazione rara la massima tensione di trazione sull'acciaio deve risultare:

$$\sigma_s < \sigma_{s,max} = 0,80 * f_{yk} = 360.0 \text{ Mpa}$$

	$\sigma_s \text{ max}$	$\sigma_s$		<b>Verifica</b>
<b>Comb rara</b>	-360.000	-184.78	N/mm <sup>2</sup>	<b>Verifica soddisfatta</b>

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto  $\sigma_s < \sigma_{s,max}$ .

## 10 STATO LIMITE DI DEFORMAZIONE DELL'IMPALCATO

La deformazione sotto l'azione dei carichi accidentali di progetto alla combinazione rara, come previsto al 2.6.2.2.3 del MdP deve rispettare il seguente limite:

$$f \leq L/700 = 30.0\text{m} \times 1000 / 700 = 42.86\text{mm}$$

Dove:

L = luce di calcolo

f = massima freccia verticale

Dal modello la massima deformazione verticale risulta pari a:

$f_{\text{max}} = 26\text{mm}$ .

La verifica risulta soddisfatta.

## 11 SCARICHI SUGLI APPOGGI

La disposizione degli apparecchi di appoggio di ciascun impalcato è definita in figura:

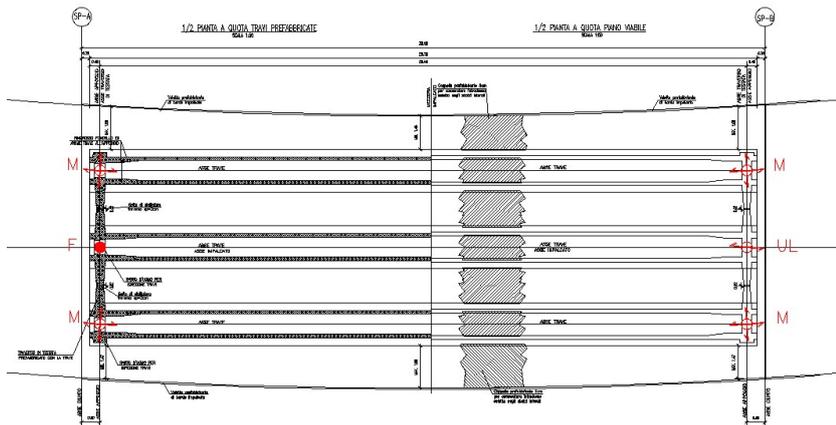


Figura 21: Schema appoggi

I valori delle reazioni vincolari per ognuna delle tipologie di appoggio derivano dal modello a graticcio con il quale è stato discretizzato l'impalcato.

In fase statica sono state considerate le combinazioni ad SLU precedentemente riportate ed in base alle quali sono stati ricavati:

- i valori massimi delle reazioni verticali;
- i valori massimi delle reazioni orizzontali (ove presenti) nelle due direzioni.

In fase sismica sono state considerate n.3 combinazioni SLV nelle direzioni X,Y,Z in base alle quali sono stati ricavati:

- i valori massimi delle reazioni verticali;
- i valori massimi delle reazioni orizzontali (ove presenti) nelle due direzioni.

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa degli scarichi sugli appoggi:

	SLU					
	M	F	M	M	UL	M
N [kN]	3184.64	1683.78	2308.51	3478.59	1687.00	2308.50
HT [kN]	0.00	244.58	0.00	0.00	244.58	0.00
HL [kN]	0.00	-581.46	0.00	0.00	0.00	0.00

	SLV					
	M	F	M	M	UL	M
N [kN]	1541.15	328.15	1541.15	1541.14	328.13	1541.14
HT [kN]	0.00	829.55	0.00	0.00	829.55	0.00
HL [kN]	0	1607.69	0	0	0	0

## 12 SPOSTAMENTO GIUNTI

In accordo con quanto prescritto dalle NTC18 §3.2.4.2 e §7.3.3.3 e nel rispetto delle prescrizioni del §2.5.2.1.5.1 del MdP, è stata calcolata l'escursione dei giunti e degli apparecchi d'appoggio tenendo conto dei tre contributi riportati nel seguito:

$$E_L = K_1(E_1 + E_2 + E_3) = K_1(2D_t + 4d_{Ed}K_2 + 2d_{eg})$$

Dove

$E_1$  è lo spostamento dovuto alla variazione termica uniforme,  $E_2$  è lo spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;  $E_3$  è lo spostamento dovuto all'azione sismica tra le fondazioni di strutture non collegate.  $K_1=0.45$  è un coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo,  $K_2=0.55$  è un coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti e  $d_{Ed}$  è lo spostamento relativo totale tra le parti pari allo spostamento  $d_E$  prodotto dall'azione sismica idi progetto calcolato in accordo con §7.3.3.3 della NTC18.

Si prescrive inoltre che per garantire un valore minimo di escursione il valore di  $E_L$  dovrà essere assunto non minore di:

$$E_L \geq 3.30 \frac{L}{1000} + 0.10 \text{ e } E_L \geq 0.15m \quad \text{per } a_g(SLV) \geq 0.25g$$

$$E_L \geq 2.30 \frac{L}{1000} + 0.073 \text{ e } E_L \geq 0.10m \quad \text{per } a_g(SLV) < 0.25g$$

Nel caso in esame si ha un valore di  $E_L$  pari a 22mm che risulta inferiore rispetto al minimo (142mm per  $a_g(SLV)<0.25g$ ); per tale ragione il calcolo viene eseguito considerando il minimo valore accettabile di  $E_L$ .

### 12.1 CORSA DEGLI APPARECCHI D'APPOGGIO

In accordo con il 2.5.2.1.5.2. del MdP, la corsa degli apparecchi d'appoggio deve essere non inferiore a  $\pm(E_L/2 + E_L/8)$  con un minimo di  $\pm(E_L/2 + 15\text{mm})$ .

CORSA APPARECCHIO D'APPOGGIO				MdP 2.5.2.1.5.2
	SLU	SLV		
±	88.8	88.8	mm	

### 12.2 ESCURSIONE DEI GIUNTI

Il giunto tra le testate di due travi adiacenti deve consentire un'escursione totale pari a  $\pm(E_L/2 + 10\text{mm})$ .

ESCURSIONE DEI GIUNTI				MdP 2.5.2.1.5.3
	SLU	SLV		
±	81.0	81.0	mm	

IV03 –Ponte stradale sul fiume Rio Casazza 1  
Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	IV030A001A	A	59 di 61

### 12.3 AMPIEZZA DEI VARCHI

Il varco tra le testate degli impalcai adiacenti deve non essere inferiore a  $V \geq \frac{E_L}{2} + V_0$  dove  $V_0$  è pari a 20mm.

AMPIEZZA DEI VARCHI			
	SLU	SLV	
	91.0	91.0	mm

MdP 2.5.2.1.5.4