

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

OPERE PRINCIPALI – PONTI E CAVALCAFERROVIA

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore L=41.5m

SCALA:

-

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

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	A.Orsini	Gen.2022	F.Bonifacio	Gen.2022	G. Fadda	Gen. 2022	A.V. LOZZI	

ITALFERR S.p.A.
 U.O. Opere Civili e Gestione Infrastrutture
 Dott. Ing. Angelo Vittozzi
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
 N° A20783

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	0 di 104

INDICE

1. PREMESSA	5
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	7
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI	8
3.1 CALCESTRUZZO	8
3.2 ACCIAIO.....	8
3.2.1 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO.....	8
3.2.2 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA	8
4. ANALISI DEI CARICHI	10
4.1 G1 - PESI PERMANENTI PORTANTI.....	10
4.1.1 Travi principali.....	10
4.1.2 Traversi	10
4.1.3 Soletta (getto+predalles).....	10
4.2 G2 - PESI PERMANENTI NON PORTANTI.....	10
4.2.1 Cordoli	10
4.2.2 Pavimentazione	10
4.2.3 Barriere di sicurezza	10
4.2.4 Velette.....	10
4.3 VENTO.....	11
4.4 TERMICA	13
4.4.1 Termica – Uniforme	14

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	1 di 104

4.4.2	<i>Termica Differenziale – Effetto Primario</i>	17
4.4.3	<i>Termica Differenziale – Effetto Secondario</i>	18
4.5	RITIRO E VISCOSITÀ	19
4.5.1	<i>Ritiro Uniforme</i>	19
4.5.2	<i>Ritiro – Effetto Primario</i>	22
4.5.3	<i>Ritiro – Effetto Secondario</i>	23
4.6	AZIONE SISMICA.....	24
4.7	CARICHI MOBILI.....	30
4.7.1	<i>Carichi Verticali: Schemi di carico da traffico</i>	30
4.7.2	<i>Frenatura</i>	34
4.7.3	<i>Centrifuga</i>	35
4.7.4	<i>Azione da Urto</i>	35
5.	Analisi modale.....	37
5.1	FATTORI DI PARTECIPAZIONE DI MASSA	37
6.	Combinazioni di carico.....	39
6.1	GRUPPI DI AZIONI.....	39
6.2	COEFFICIENTI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	39
7.	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE SEZIONI	42
7.1	VALUTAZIONE DELLA LARGHEZZA COLLABORANTE.....	42
7.2	CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TRAVERSI	43
7.2.1	<i>PARAMETRI IN 1° FASE</i>	45

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	2 di 104

7.2.2	PARAMETRI IN 2° FASE	45
7.2.3	PARAMETRI IN 3° FASE	45
7.2.4	PARAMETRI IN 4° FASE	45
7.3	CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE TRAVI PRINCIPALI	46
7.3.1	Sezione 1 – Appoggio	46
7.3.2	Sezione 2 – Mezzeria	46
8.	MODELLI DI CALCOLO	47
8.1	MODELLO DI CALCOLO DELL'IMPALCATO	47
8.1.1	Modello per Fase 1.....	47
8.1.2	Modello per Fase 2=3=4	48
8.1.3	Modello locale Traverso in mezzeria	49
8.1.4	Modello locale Traverso in appoggio	50
8.1.5	Modello locale Traverso con soletta per verifica a fatica.....	50
8.1.6	Modello locale per Instabilità piattabanda superiore Trave in zona centrale	51
8.1.7	Modello locale per Instabilità piattabanda superiore Trave in zona appoggi	53
9.	CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE.....	54
9.1	CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI TRAVI PRINCIPALI.....	54
9.1.1	G1.....	54
9.1.2	G2.....	54
9.1.3	Carichi Mobili: CF1.....	56
9.2	CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI TRAVERSI.....	56

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	3 di 104

9.2.1	<i>G1</i>	56
9.2.2	<i>G2</i>	58
9.2.3	<i>Carichi Mobili: CF1</i>	58
10.	VERIFICHE TRAVI PRINCIPALI	60
10.1	TRAVI: VERIFICHE STATO LIMITE ULTIMO (SLU) E SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV).....	60
10.1.1	<i>Sezione 1 (Appoggio) : Verifica Presso/Tenso - Flessionale</i>	60
10.1.2	<i>Sezione 1 (Appoggio) : Verifica stabilità dei pannelli soggetti a taglio</i>	62
10.1.3	<i>Sezione 2 (Mezzeria) : Verifica Presso/Tenso - Flessionale</i>	65
10.1.4	<i>Sezione 2 (Mezzeria) : Verifica stabilità dei pannelli soggetti a taglio</i>	67
10.2	TRAVI: VERIFICHE STATO LIMITE D'ESERCIZIO (SLE)	69
10.2.1	<i>Sezione 2 (mezzeria): Calcolo Contromonta</i>	71
10.2.2	<i>Sezione 2 (mezzeria): Calcolo Frecce da G1 e Accidentali</i>	71
10.3	TRAVI: VERIFICA PER INSTABILITÀ DELLA PIATTABANDA SUPERIORE COMPRESSA	72
10.3.1	<i>Sezione 1 (appoggio) verifica instabilità piattabanda superiore</i>	74
10.3.2	<i>Sezione 2 (mezzeria) verifica instabilità piattabanda superiore</i>	75
10.4	TRAVI: VERIFICA A FATICA	76
10.4.1	<i>Sezione di cambio conci</i>	77
10.4.2	<i>Sezione 2 (Mezzeria)</i>	80
11.	VERIFICHE TRAVERSI.....	83
11.1	TRAVERSI: VERIFICHE STATO LIMITE ULTIMO (SLU) E SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)	84
11.1.1	<i>Sezione d'appoggio : Verifica Presso/Tenso - Flessionale</i>	84

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	4 di 104

11.1.2	Sezione d'appoggio : Verifica a taglio	86
11.1.3	Sezione d'appoggio : Verifica Presso/Tenso – Flessionale – Comb. Eccezionale	87
11.1.4	Sezione d'appoggio : Verifica a taglio – Comb. Eccezionale	89
11.1.5	Sezione in mezzzeria : Verifica Presso/Tenso - Flessionale	90
11.1.6	Sezione di mezzzeria : Verifica a taglio	93
11.2	TRAVERSI: VERIFICHE STATO LIMITE D'ESERCIZIO (SLE)	94
11.2.1	Sezione di mezzzeria: Calcolo Contromonta	95
11.2.2	Sezione di mezzzeria: Calcolo Frecce da G1	95
11.3	TRAVERSI: VERIFICA A FATICA	96
11.3.1	Sezione indebolita	97
11.3.2	Sezione di mezzzeria: Verifica a fatica	100

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 5 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	--------------------

1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto le verifiche di sicurezza e stabilità dell'impalcato in acciaio a via inferiore che realizza il viadotto "IV01", nell'ambito del raddoppio della linea Genova – Ventimiglia tratta Finale Ligure - Andora.

L'andamento planimetrico dell'impalcato è in rettilineo.

Lo schema strutturale adottato è quello di trave appoggiata con lunghezza complessiva di 42700 mm, distanza tra assi appoggi pari a 41500 mm e retrotrarsi di lunghezza pari a 600 mm ciascuno.

La suddetta opera, si compone di due travi longitudinali in acciaio poste ad un interasse pari a 15.50 m, con sezione trasversale a "doppio T" realizzata mediante composizione di lamiere per saldatura, avente altezza pari a 3500mm e larghezza delle ali pari ad 1100 mm. Ogni trave è costituita da tre conci due di riva e uno centrale di lunghezza rispettivamente pari a 14150 mm e 14400 mm. Per ogni trave si prevedono degli irrigidimenti trasversali con sezione a "T" posti ad un interasse di 2400 mm.

Le travi risultano tra loro collegate per mezzo di traversi in sezione mista acciaio-c.l.s.. Per la trave in acciaio si prevede un profilo laminato serie HEB 600, rinforzato in mezzzeria per mezzo di un piatto saldato alla piattabanda inferiore.

La soletta, la cui larghezza comprensiva di margini esterni è di 15500 mm, è in cemento armato gettato in opera per mezzo predalles autoportanti appoggiate sulle travi trasversali. La soletta ha uno spessore (predalles incluse) variabile da 30cm a 40 cm, risulta solidarizzata alla trave metallica per mezzo di connettori tipo Nelson saldati all'ala superiore dell'HEB 600 e presenta giunti costruttivi trasversali posti ad un' interasse mediamente pari a 10700 mm.

La sezione trasversale dell'opera presenta una sede stradale di larghezza mediamente pari a 8m con due marciapiedi/pista ciclabile posti ai lati di larghezza rispettivamente pari a 2.5m e 5m.

Tra l'asse dell'impalcato e l'asse di tracciamento è presente un disassamento variabile al più pari a circa 1.70m.

Le dimensioni degli elementi strutturali in acciaio costituenti l'impalcato sono i seguenti.

Travi:

Sezione tipo	H _{tot}	t	B _{sup}	S _{sup}	B _{inf}	S _{inf}	Piastra sup	Piastra inf
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1-appoggio	3500	18	1100	40	1100	40	950x20	950x20
2-mezzzeria	3500	15	1100	40	1000	40	950x30	950x30

H_{tot}: altezza trave; t: spessore anima; B, s: larghezza e spessore delle piattabande.

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IVOI	00	D 09	CLIV0109001	A	6 di 104

Traversi:

sezione corrente (HEB600): H=600mm; t=15.5mm; B_{piattabanda} = 300mm; S_{piattabanda} = 30mm
piatto inferiore sezione di mezzeria B = 250mm; s = 15mm; L = 6000 mm.

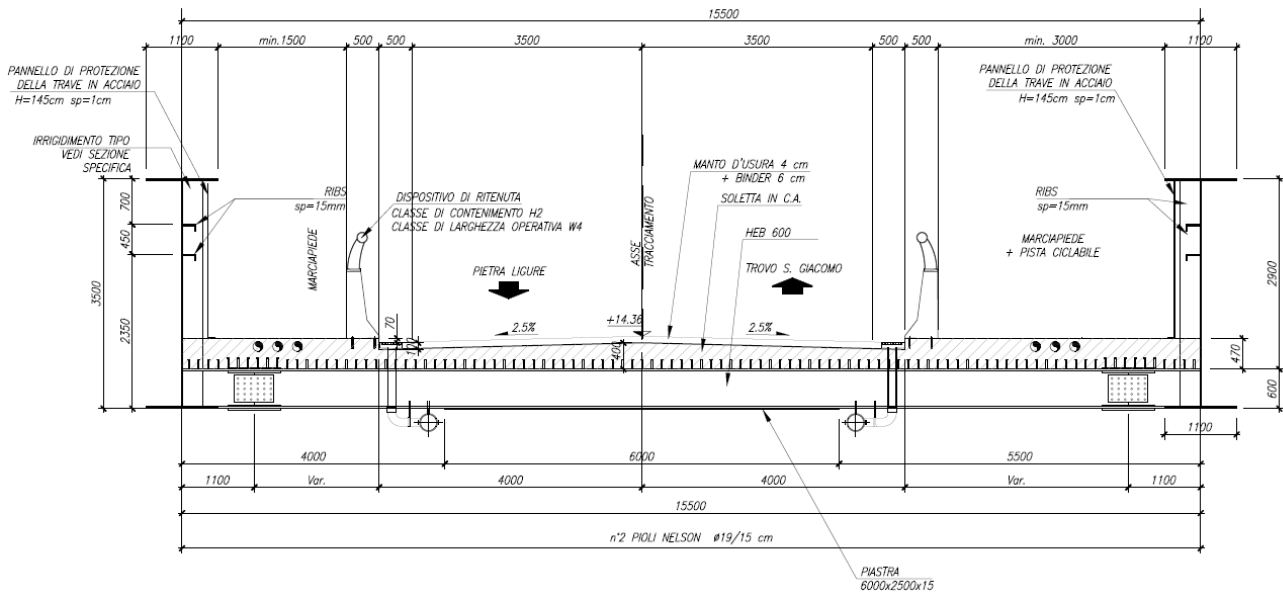


Figura 1 Sezione trasversale Impalcato

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	7 di 104

2. **NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

- DM 17 gennaio 2018: *Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”*(nel seguito **NTC18**);
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP: *istruzioni per l’applicazione delle NTC 2018* (nel seguito **circ. NTC18**);
- RFICTCSIMAIIFS001_E: *Manuale di progettazione delle opere civili – PARTE II – SEZIONE 2 – PONTI E STRUTTURE - 31/12/2020* (nel seguito **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
- UNI EN 1991 (nel seguito **EN91**)
- UNI EN 1992 (nel seguito **EN92**)
- UNI EN 1994 (nel seguito **EN94**)
- Linee Guida per la progettazione di ponti e viadotti stradali a travata, Settembre 2012 (nel seguito **LG ANAS**)

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	8 di 104

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

I materiali utilizzati nella realizzazione delle strutture in funzione della utilizzazione sono descritti in seguito.

3.1 CALCESTRUZZO

Soletta: Classe C35/45

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

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 37,35 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 37,35 \cdot 0,85 / 1,5 = 21,16 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3,35 \text{ N/mm}^2$$

Tipo di cemento: CEM I ÷ V

Rapporto Acqua/Cemento: $\leq 0,50$

Classe minima di consistenza: S4

Classe di esposizione ambientale: XC3+XS1

Copriferro = 40 mm

Diametro massimo inerti: 20 mm

3.2 ACCIAIO

3.2.1 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

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	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$;
rapporto di incrudimento	$1,15 \leq f_{tk} / f_{yk} \leq 1,35$
resistenza di calcolo a trazione	$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$;
modulo elastico	$E_s = 210.000 \text{ N/mm}^2$.

3.2.2 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

Acciaio	S355J2 UNI EN 10025
Tensione di snervamento	$f_{yk} \leq 355 \text{ N/mm}^2$;
Tensione di rottura	$f_{tk} \leq 510 \text{ N/mm}^2$;
Modulo elastico	$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$;
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$;

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	9 di 104

Modulo di elasticità trasversale

$$G = E / [2 (1 + \nu)] = 80769.23 \text{ N/m}^2;$$

Coefficiente di espansione termica lineare

$$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1} \quad (\text{per T fino a } 100 \text{ } ^\circ\text{C});$$

Densità

$$\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3.$$

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	10 di 104

4. ANALISI DEI CARICHI

4.1 G1 - Pesi permanenti portanti

Il peso degli elementi strutturali principali viene calcolato in automatico dal programma di calcolo sulla base delle densità dei materiali γ definite. Per la carpenteria metallica al fine di considerare la presenza di piatti e bulloneria di montaggio è stato usato un coefficiente di amplificazione dei pesi e delle masse per le travi principali e per i traversi, Ψ , rispettivamente pari al 30% e al 15%. Nel seguito si riporta il calcolo dei pesi permanenti totali degli elementi portanti.

4.1.1 Travi principali

Concio 1-appoggio= $(1+\Psi) \cdot \text{Area} \cdot L \cdot \gamma_{\text{acc}} \cdot n^{\circ} \text{conci} = (1 + 0.3) \cdot 0.182 \text{ m}^2 \cdot 15.35\text{m} \cdot 78.50 \text{ kN/m}^3 \cdot 4 = 1140.39 \text{ kN}$

Concio 2-mezzzeria= $(1+\Psi) \cdot \text{Area} \cdot L \cdot \gamma_{\text{acc}} \cdot n^{\circ} \text{conci} = (1 + 0.3) \cdot 0.194 \text{ m}^2 \cdot 12.00\text{m} \cdot 78.50 \text{ kN/m}^3 \cdot 2 = 475.14 \text{ kN}$

4.1.2 Traversi

Traverso= $(1+\Psi) \cdot \text{Area} \cdot L \cdot \gamma_{\text{acc}} \cdot n^{\circ} \text{traversi} = (1 + 0.15) \cdot 0.027 \text{ m}^2 \cdot 15.50\text{m} \cdot 78.50 \text{ kN/m}^3 \cdot 36 = 1360.08 \text{ kN}$

4.1.3 Soletta (getto+predalles)

Soletta = $L_t \cdot s \cdot L_i \cdot \gamma_{\text{cls}} = 15.5\text{m} \cdot 0.35\text{m} \cdot (0.6\text{m} + 41.5\text{m} + 0.6\text{m}) \cdot 25.00 \text{ kN/m}^3 = 5791.19 \text{ kN}$

4.2 G2 - Pesi permanenti non portanti

4.2.1 Cordoli

Cordolo 1 = $\text{Area} \cdot L \cdot \gamma_{\text{cls}} = (2.5\text{m} \cdot 0.12\text{m}) \cdot (0.6\text{m} + 41.5\text{m} + 0.6\text{m}) \cdot 25.00 \text{ kN/m}^3 = 320.25 \text{ kN}$

Cordolo 2 = $\text{Area} \cdot L \cdot \gamma_{\text{cls}} = (5\text{m} \cdot 0.12\text{m}) \cdot (0.6\text{m} + 41.5\text{m} + 0.6\text{m}) \cdot 25.00 \text{ kN/m}^3 = 640.50 \text{ kN}$

4.2.2 Pavimentazione

Pavimentazione = $\text{Area} \cdot L \cdot \gamma = (8\text{m} \cdot 0.10\text{m}) \cdot (0.6\text{m} + 41.5\text{m} + 0.6\text{m}) \cdot 25.00 \text{ kN/m}^3 = 854.00 \text{ kN}$

4.2.3 Barriere di sicurezza

Dispositivo di ritenuta in acciaio/cls con classe di contenimento H2 e classe di larghezza operativa W4;

Barriera = $\text{Peso/m} \cdot L \cdot n^{\circ} \text{barriere} = 8.90 \text{ kN/m} \cdot (0.6\text{m} + 41.5\text{m} + 0.6\text{m}) \cdot 2 = 760.51 \text{ kN}$

4.2.4 Velelette

Velelette = $(\text{Area}_{\text{acc}} \cdot \gamma_{\text{acc}}) \cdot L \cdot n^{\circ} \text{velette} = (0.01\text{m}^2 \cdot 78.50\text{kN/m}^3) \cdot (0.6\text{m} + 41.5\text{m} + 0.6\text{m}) \cdot 2 = 91.17 \text{ kN}$

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 11 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

4.3 Vento

Il calcolo del vento sulle travi dell'impalcato è stato effettuato seguendo i dettagli da **NTC18** e **circ.NTC18**.

Di seguito si riportano gli estratti dal foglio di calcolo:

CALCOLO PRESSIONE DEL VENTO SENZA cp

3.3.1 Velocità base di riferimento

Regione	Liguria		-	Tab. 3.3.I	Scelta Regione
Zona	7	-			
Vb,0	28	m/s			velocità base di riferimento al livello del mare
as	10	m			altitudine sul livello del mare del sito dove sorge la costruzione
a0	1000	m	Tab. 3.3.I		parametri tabella
ks	0.54		Tab. 3.3.I		parametri tabella
ca	1.00				Coefficiente di altitudine
Vb	28.00	m/s			Velocità base di riferimento

3.3.2 Velocità di riferimento

T _R	50	anni		Tempo di Ritorno
cr	1.00	-	[3.3.3]	coefficiente di ritorno, funzione del tempo di ritorno; se TR=50 cr=1
Vr	28.02	m/s	[3.3.2]	Velocità di riferimento

3.3.6 Pressione cinetica di riferimento

ρ	1.25	kg/m ³		densità dell'aria convenzionalmente presa pari a 1.25 kg/m ³
qr	0.491	kN/m ²	[3.3.6]	Pressione cinetica di riferimento

3.3.7. Coefficiente di esposizione + 3.3.4. PRESSIONE DEL VENTO

Rugosità	D	-	Tab. 3.3.III	Classe di rugosità del terreno	
D mare	<10 km		km	Fig. 3.3.2	Distanza dal mare
Cat. Esp.	III		-	Fig. 3.3.2	Categoria di esposizione
kr	0.20	-	Tab.3.3.II		valori tabellati
z ₀	0.10	m	Tab.3.3.II		valori tabellati
z _{min}	5.00	m	Tab.3.3.II		valori tabellati
ct	1	-			Coefficiente di topografia, con dati suffragati da opportuna documentazione ≠ 1
z	4.1	m	[3.3.7]		Altezza dal suolo (Vento Scarico = Vento Carico per intensità)
c _e	1.708	m	[3.3.7]		Coefficiente di esposizione
cd	1		3.3.9.		Cautelativamente pari ad 1 negli edifici regolari NON ECCEDENTI 80m!
p	0.84	kN/m ²	3.3.4		Pressione del vento SENZA cp

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 12 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

C3.3.8.6.1 Travi isolate

d	15.5	m	Interasse tra le travi principali
h	3.5	m	Altezza Travi principali
Travi isolate			Figura C3.3.28-Travi multiple :Controllo Travi multiple o isolate
s	3.883	m ²	Superficie delimitata dal contorno della trave
Sp	3.883	m ²	Superficie della parte piena della trave
φ	1.000	-	C3.3.7 Sp/S
cp	1.40	-	C3.3.8 coefficiente da applicare alla pressione del vento

3.3.4. PRESSIONE DEL VENTO

p	1.17	kN/m ²	3.3.4	$p = q_r \times c_e \times c_p \times c_d$
---	------	-------------------	--------------	--

VALORI SU SAP2000
VENTO SCARICO (assenza dei carichi mobili -> no veicolo da 3 m)

h	3.5	m	Altezza Travi principali
p_orizz	4.106	kN/m	Pressione Orizzontale per unità di lunghezza su Travi principali
braccio	1.75	m	Braccio del Momento torcente su Impalcato
M_torc	14.370	kNm/m	Momento torcente su Impalcato (considerando entrambe le pressioni)
d	15.5	m	Interasse tra le travi principali
p_vert	0.927	kN/m	Pressione Verticale per unità di lunghezza su Travi principali

VENTO CARICO (presenza dei carichi mobili -> veicolo da 3 m) - NTC18 5.1.3.7

h	4.1	m	Altezza Travi principali
p_orizz	4.810	kN/m	Pressione Orizzontale per unità di lunghezza su Travi principali
braccio	2.05	m	Braccio del Momento torcente su Impalcato
M_torc	17.045	kNm/m	Momento torcente (considerando <u>sopravento-Carico</u> e <u>sottovento-Scarico</u>)
d	15.5	m	Interasse tra le travi principali
p_vert	1.100	kN/m	Pressione Verticale per unità di lunghezza su Travi principali

La pressione del vento precedentemente calcolata nelle condizioni di “ponte scarico” e “ponte carico” è stata applicata alle due travi principali dell’impalcato.

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	13 di 104

4.4 Termica

Per il calcolo dell'azione termica si è preso come riferimento l'NTC18, l'EN91 ed il MdP. Oltre alla componente di "Termica Uniforme" è stata considerata una componente di "Termica Differenziale". Relativamente alla componente di "Termica Differenziale" sono stati valutati sia gli effetti primari che secondari sulle strutture principali. I primi valutano le coazioni interne dovute alle deformazioni impedito della soletta in una struttura isostatica o iperstatica in cui non si considera la compatibilità delle deformazioni dovute agli effettivi vincoli interni. Per contro i secondi, presente esclusivamente in caso di strutture iperstatiche, permettono di considerare gli effetti sulle strutture principali conseguenti al ripristino delle condizioni di congruenza .

In particolare:

- Effetto Primario:

Noto l'accorciamento per deformazione libera di una trave appoggiata per via di un ΔT uniforme nella soletta, ossia:

$$u_t = \int_0^L \varepsilon_{\Delta T} \cdot dx = \int_0^L \alpha \Delta T \cdot dx = \alpha \Delta T L$$

È possibile definire la forza, F , che produce uno spostamento u_F uguale a e contrario a u_t , ossia posto:

$$u_F = \frac{F \cdot L}{A_c \cdot E_c(t)}$$

dove A_c è l'area del calcestruzzo della soletta ed $E_c(t)$ è il modulo del cls all'istante t di valutazione, uguagliando la precedente allo spostamento libero da termica u_t si ha:

$$F = \frac{E_s}{n(t)} \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot A_c$$

Dove E_s è il modulo dell'acciaio e $n(t)$ è pari al coefficiente di omogeneizzazione all'istante t di valutazione $n(t) = E_s / E_c(t)$.

Dal momento che tale azione F agisce nella sola soletta, eccentrica rispetto alla sezione composta, per poter equilibrare il sistema, occorrerà applicare sull'intera sezione composta sia uno sforzo di compressione di intensità pari ad F sia un momento flettente $M = F \cdot e$, dove e è l'eccentricità tra i baricentri della soletta e della sezione omogeneizzata.

Le tensioni nella sezione mista dovute alla presso-flessione (F-M) sommati a quelli prodotti nella sola soletta dalla coazione F costituiscono gli effetti primari.

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 14 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

- Effetto Secondario:

Per calcolare gli effetti secondari, necessari in caso di strutture iperstatiche per ripristinare la congruenza violata nel calcolo degli effetti primari, si prevede l'applicazione di una variazione di temperatura equivalente, lineare nello spessore della trave (gradiente lineare), tale da produrre una curvatura pari a quella prodotta nella sezione mista dal momento flettente $M = F \cdot e$.

La curvatura per effetto del momento dovuto all'azione primaria F è pari a:

$$M = F \cdot e = E_s \cdot I_{om} \cdot \chi_M \rightarrow \chi_M = \frac{F \cdot e}{E_s \cdot I_{om}}$$

dove I_{om} è l'inerzia della sezione mista omogeneizzata all'istante t di valutazione;

La curvatura dovuta ad un gradiente termico lineare equivalente è pari a:

$$\chi_{\Delta T} = \frac{\alpha \Delta T_{eq}}{H}$$

dove H è l'altezza della sezione mista e α è il coefficiente di dilatazione termica dell'acciaio.

Uguagliando le due curvature si ottiene il valore della variazione termica lineare applicato alla struttura al fine di valutare gli effetti secondari, ossia:

$$\Delta T_{eq} = \frac{F \cdot e \cdot H}{\alpha \cdot E_s \cdot I_{om}}$$

4.4.1 Termica – Uniforme

Di seguito si riportano gli estratti dal foglio di calcolo:

1 - TERMICA UNIFORME

NTC18 3.5.2 Temperatura dell'aria esterna

Regione	Liguria	-
Zona	II	-
as	10	[m]
T _{min}	-8.06	[°]
T _{max}	41.98	[°]

as = Quota del suolo sul livello del mare nel sito dove è realizzata la costruzione.

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 15 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

Eurocodice 1 parte 5 : EN 1991-1-5: 2003 (E)

Section 6 Temperature changes in bridges

6.1 Bridge decks

6.1.1 Bridge deck types

(1) A bridge deck is considered as one of the following three types:

Type 1	Steel deck;
Type 2	Composite deck;
Type 3	Concrete deck:
	- concrete slab,
	- concrete beam,
	- concrete box girder.

Chapter 6.1.3.1 General

Type	2	-
T_{e,min}	-4	[°]
T_{e,max}	45	[°]

T_{e,min} = Temperatura uniforme minima del ponte

T_{e,max} = Temperatura uniforme massima del ponte

Chapter 6.1.3.3 Range of uniform bridge temperature component

T₀	15	[°]
ΔT_{N,con}	-19.00	[°]
ΔT_{N,exp}	30.00	[°]

T₀ = Temperatura iniziale NTC18 3.5.4

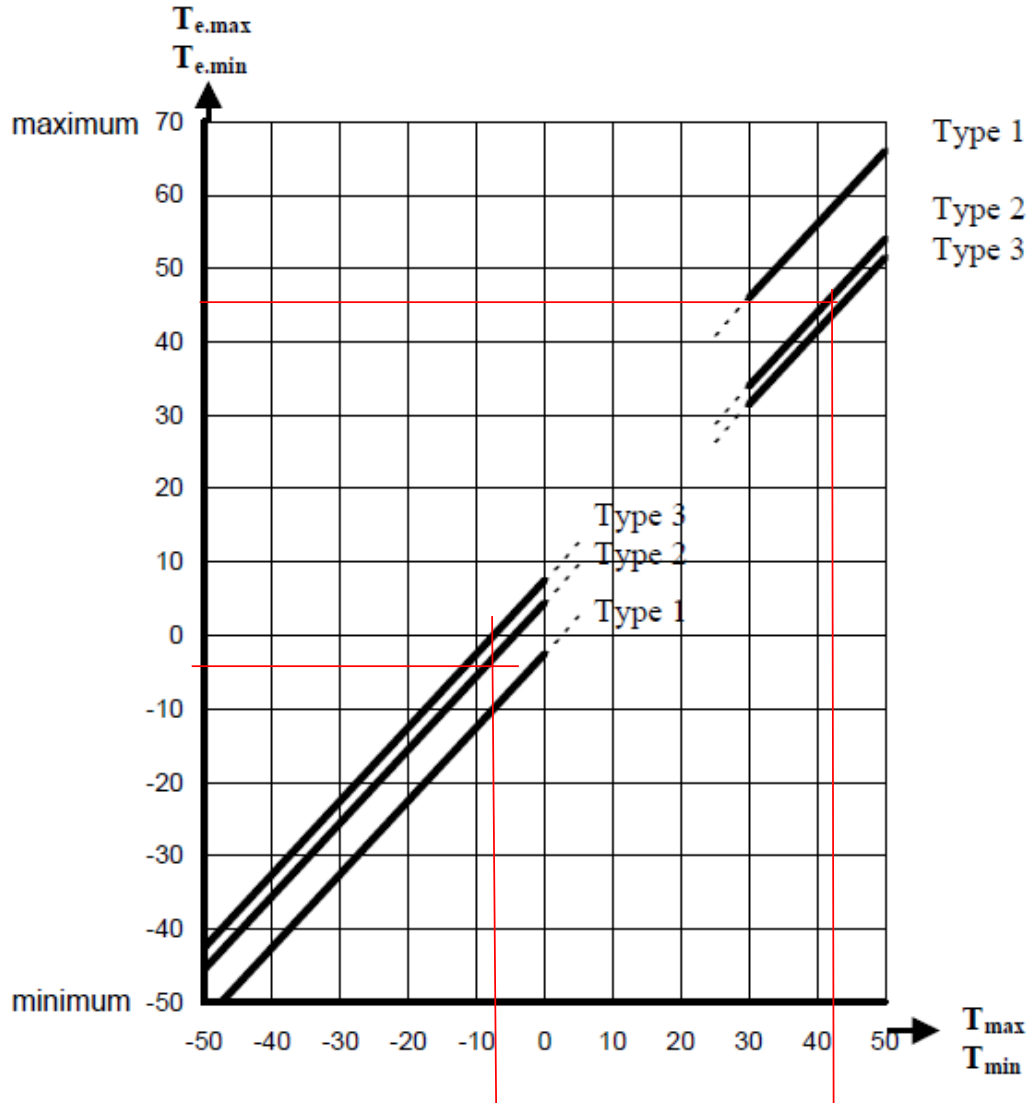
ΔT_{N,con} = Massima Temperatura uniforme di contrazione del ponte

ΔT_{N,exp} = Massima Temperatura uniforme di espansione del ponte

I valori della Massima temperatura di contrazione del ponte (ΔT_{N,con}) ed il valore della Massima temperatura di espansione del ponte (ΔT_{N,exp}) sono stati calcolati attraverso l'ausilio del seguente grafico del **EN91**:

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	16 di 104



Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 17 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

4.4.2 Termica Differenziale – Effetto Primario

Di seguito si riportano gli estratti dal foglio di calcolo:

2 - TERMICA DIFFERENZIALE

2.1 - EFFETTI PRIMARI

NTC18 3.5.7 Effetti delle azioni termiche

Materiale	Strutture miste acciaio-calcestruzzo	-
αT	0.000012	[°C]

Geometria

s soletta	0.350	[m]
L trasv	15.500	[m]
L long	11.200	[m]
Ac_Trasv	5.425	[m ²]
Ac_Long	3.92	[m ²]

Materiali - CLS

Classe	C35/45	[-]
Rck	45	[N/mm ²]
fck	37.35	[N/mm ²]
fcm	45.35	[N/mm ²]
Ecm	34625	[N/mm ²]
t	28.000	[giorni]
s	0.38	[-]
$\beta_{cc}(t)$	1.00	[-]
$f_{cm}(t)$	45.35	[-]
$E_{cm}(t)$	34625	[N/mm ²]

Materiali - Acciaio

Es	210000	[N/mm ²]
----	--------	-----------------------

Coefficienti di Omogeneizzazione

n = Es/Ec	n(t = 28 g)	6.06	[-]
-----------	-------------	------	-------

Calcolo F

ΔT sulla soletta	5.00	[°]
F_comp_T	8144	[kN]
L_long	11.200	[m]
F_T_distr	727	[kN/m]
Lcollab.	1.200	[m]
F da Termica	873	[kN]

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 18 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

4.4.3 Termica Differenziale – Effetto Secondario

Di seguito si riportano gli estratti dal foglio di calcolo:

2.2 - EFFETTI SECONDARI

Geometria Sezione Ideale

Area profilo	0.027	[m ²]
yg profilo	0.300	[m]
L soletta	1.200	[m]
s soletta	0.350	[m]
Area soletta	0.375	[m ²]
yg soletta	0.793	[m]
n(t = 28 g)	6.06	[-]
Area ideale	0.0888	[m ²]
M. S. ideale	0.057	[m ³]
Baricentro	0.643	[m]
e = ecc bar.	0.150	[m]
h_sez_ideale	0.950	[m]
Inerzia acciaio	0.00171	[m ⁴]
Inerzia soletta	0.0031	[m ⁴]
Inerzia ideale	0.006789	[m ⁴]

Calcolo del ΔTeq

F_T_distr	727	[kN/m]
L soletta	1.200	[m]
F_T_risultante	873	[kN]
ΔTeq_T diff.	7.261	[°]
ΔTeq_Mdp	5.000	[°]
ΔTeq_Totale	12.26	[°]

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 19 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

4.5 Ritiro e Viscosità

Per il calcolo dell'effetto del Ritiro sulla struttura si è considerato anche il contributo mitigante della viscosità su di esso. Analogamente a quanto detto precedentemente per la componente di termica differenziale sono stati valutati sia gli effetti primari che secondari prodotti dalla azione di ritiro della soletta. Per il calcolo dell'azione del Ritiro si è preso come riferimento l'NTC18, l'EN91, l'EN92 e l'EN94.

Di seguito si riportano gli estratti dal foglio di calcolo:

4.5.1 Ritiro Uniforme

CALCOLO EFFETTO DEL RITIRO NTC18 Capitolo 11.2.10.6

La deformazione totale da ritiro si può esprimere come:

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

dove:

ε_{cs} è la deformazione totale per ritiro

ε_{cd} è la deformazione per ritiro da essiccamento

ε_{ca} è la deformazione per ritiro autogeno.

Tab. 11.2.Va – Valori di ε_{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

Calcolo $\varepsilon_{cd,\infty}$ (Effetto del Ritiro per essiccamento) T infinito

f_{ck}	37.35	N/mm ²	
U.R.	75.08	%	Umidità relativa
ε_{c0}	-0.284	‰	!!! IN X 1000 !!!
A_c	3920000	mm ²	Sezione Longitudinale
u	46200	mm	
h_0	169.70	mm	
kh	0.895	-	
$\varepsilon_{cd,\infty}$	-0.254	‰	$\varepsilon_{cd,\infty} = k_h \varepsilon_{c0}$

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 20 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

Calcolo $\epsilon_{cd,t}$ (Effetto del Ritiro per essiccamento) T \neq infinito

t	3650	giorni	t è l'età del calcestruzzo nel momento considerato (in giorni)
t _s	28	giorni	
$\beta_{ds}(t-t_s)$	0.976	-	funzione di sviluppo temporale
$\epsilon_{cd,t}$	-0.248	‰	Sviluppo nel tempo della deformazione ϵ_{cd}^∞

dove t_s è l'età del calcestruzzo a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro per essiccamento (normalmente il termine della maturazione).

Calcolo $\epsilon_{ca,\infty}$ (Effetto del Ritiro autogeno) T infinito

$\epsilon_{ca,\infty}$	-0.000068	‰	$\epsilon_{ca,\infty} = -2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$
------------------------	-----------	---	---

Calcolo $\epsilon_{ca,t}$ (Effetto del Ritiro autogeno) T \neq infinito

t	3650	giorni	$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0,2t^{0,5})$ EC2 part1-1 capitolo 3.1.4 equaz. (3.13)
$\beta_{as}(t)$	1.000	-	
$\epsilon_{ca}(t)$	-0.000068	‰	$\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \epsilon_{ca}(\infty)$ EC2 part1-1 capitolo 3.1.4 equaz. (3.11)

CALCOLO EFFETTO DELLA VISCOSITÀ T infinito NTC18 Capitolo 11.2.10.7

t ₀	28	giorni	età cls al momento dell'applicazione del carico
h ₀	170	mm	
U.R.	75.08	%	Umidità relativa
$\phi(\infty, t_0)$	2.112	-	

EFFETTO DELLA VISCOSITÀ T \neq infinito EC2 part1-1 APPENDICE B.1

f _{cm}	45.35	N/mm ²
U.R.	75.08	%
h ₀	169.70	mm
t ₀	28	giorni
α_1	0.834	-
α_2	0.950	-
α_3	0.879	-
ϕ_{RH}	1.306	-
$\beta(f_{cm})$	2.495	-
$\beta(t_0)$ perm port	0.488	-
ϕ_0 perm port	1.591	-
t	3650	giorni
β_H	513	-
$\beta_c(t-t_0)$ perm port	0.961	-
$\phi(t, t_0)$ perm port	1.529	-

t ₀	1	giorni
$\beta(t_0)$ ritiro	0.909	-
ϕ_0 ritiro	2.962	-
$\beta_c(t-t_0)$ ritiro	0.961295	-
$\phi(t, t_0)$ ritiro	2.847	-

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 21 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

CALCOLO DEFORMAZIONE DA RITIRO E DA VISCOSITÀ

CONSIDERATO IL CONTRIBUTO DEL RITIRO MITIGATO DALLA VISCOSITÀ

ψ_L RITIRO	0.55	-	EC4 5.4.2.2. (2)
ψ_L Perm Port	1.10	-	
ϵ_R	0.254	‰	
$\psi_{L \text{ Ritiro}} \cdot \epsilon_R$	0.140	‰	

ψ_L è il moltiplicatore degli effetti della viscosità dipendente dal tipo di carico, che è assunto pari a 1,1 per i carichi permanenti pari a 0,55 per gli effetti primari e secondari dovuti al ritiro e pari a 1,5 per le deformazioni imposte dalla precompressione.

CALCOLO TERMICA EQUIVALENTE A ϵ_{R+V}

$$u(\Delta T) = \alpha \cdot \Delta T \cdot L \rightarrow \epsilon(\Delta T) = \frac{(\alpha \cdot \Delta T \cdot L)}{L} \quad \epsilon_{R+V} = \epsilon(\Delta T) \rightarrow \epsilon_{R+V} = \frac{(\alpha \cdot \Delta T \cdot L)}{L}$$

$$(\alpha \cdot \Delta T \cdot L) = \epsilon_{R+V} \cdot L \rightarrow \Delta T = \frac{(\epsilon_{R+V} \cdot L)}{\alpha L}$$

Tab. 3.5.III - Coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente

Materiale	α_T [$10^{-6}/^{\circ}\text{C}$]
Alluminio	24
Acciaio da carpenteria	12
Calcestruzzo strutturale	10
Strutture miste acciaio-calcestruzzo	12
Calcestruzzo alleggerito	7
Muratura	6 ÷ 10
Legno (parallelo alle fibre)	5
Legno (ortogonale alle fibre)	30 ÷ 70

L	15.500	m	coefficiente di dilatazione termica
Materiale	Strutture miste acciaio-calcestruzzo		
α	0.000012	1/C°	
ΔT	11.66	C°	

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 22 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

4.5.2 Ritiro – Effetto Primario

RITIRO DIFFERENZIALE

- EFFETTI PRIMARI

E acciaio	210000	[N/mm ²]
E cls	34625	[N/mm ²]
n0 = Ea / Ec	6.06	[-]
n = Ritiro	15.56	[-]
E cls (t,t0) ritiro	13494.20	[N/mm ²]
ΔT Ritiro	12	C°
Area CLS	3920000	[mm ²]
F da Ritiro	7401	[kN]
L longitudinale	11.200	[m]
F da Ritiro / m	661	[kN/m]
L longitudinale	1.200	[m]
F da Ritiro	793	[kN]

Si riporta il coefficiente di omogeneizzazione utilizzato per la fase in cui si considerano i carichi permanenti non portanti (G2):

n=G2(Perm.Portati)	16.27	[-]
E cls (t,t0) G2	12908.92	[N/mm ²]

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA
IV01

LOTTO
00

FASE-ENTE
D 09

DOCUMENTO
CLIV0109001

REV.
A

FOGLIO
23 di 104

4.5.3 Ritiro – Effetto Secondario

- EFFETTI SECONDARI

Geometria Sezione Ideale

Area profilo	0.027	[m ²]
yg profilo	0.300	[m]
L soletta	1.200	[m]
s soletta	0.350	[m]
Area soletta	0.375	[m ²]
yg soletta	0.793	[m]
n = Ritiro	15.56	[-]
Area ideale	0.0511	[m ²]
M. S. ideale	0.027	[m ³]
Baricentro	0.532	[m]
e = ecc bar.	0.261	[m]
h_sez_ideale	0.950	[m]
Inerzia acciaio	0.00171	[m ⁴]
Inerzia soletta	0.0031	[m ⁴]
Inerzia ideale	0.005004	[m ⁴]

ΔT_{eq} con ΔT da Ritiro

Largh. Ritiro	11.2000	[m]
F_T_distr	661	[kN/m]
L soletta	1.200	[m]
F_T_risultante	793	[kN]
ΔT_{eq}_Ritiro	15.56	[°]

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	24 di 104

4.6 Azione Sismica

Per il calcolo dell'azione sismica ci si è valse dell'NTC18 e del foglio elettronico "Spettri-NTCver.1.0.3" scaricato dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

L'azione sismica è stata calcolata considerando lo Stato limite di salvaguardia della vita (in seguito SLV) e assumendo un fattore di comportamento $q = 1$ (spettro elastico).

Di seguito si riportano gli estratti dal foglio di calcolo:

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 →

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

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

Interpolazione

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

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 25 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

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"/>

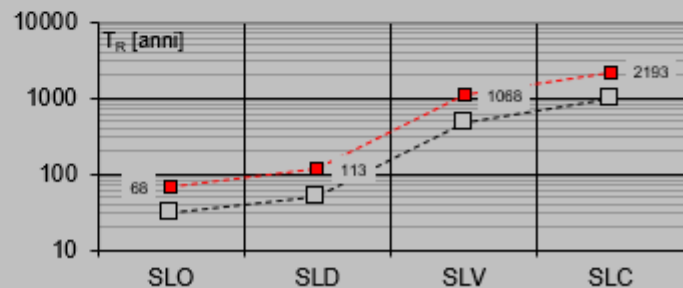
Stati limite ultimi - SLU {

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

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 26 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **B** info

$S_s =$ **1.200**

$C_c =$ **1.395** info

Categoria topografica **T1** 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 ξ (%) **5**

$\eta =$ **1.000** info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_o **1**

Regol. in altezza **si** info

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore q **1**

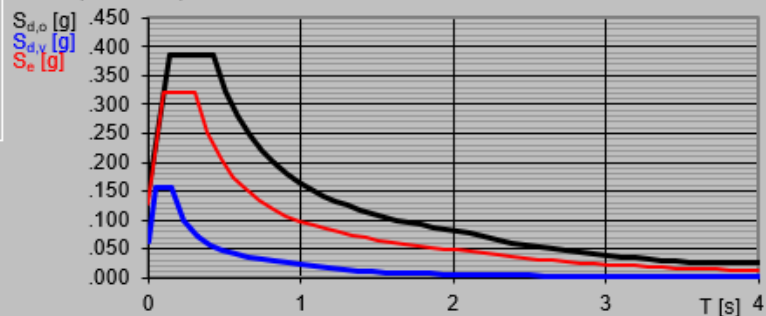
$\eta = 1/q =$ **1.000** info

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

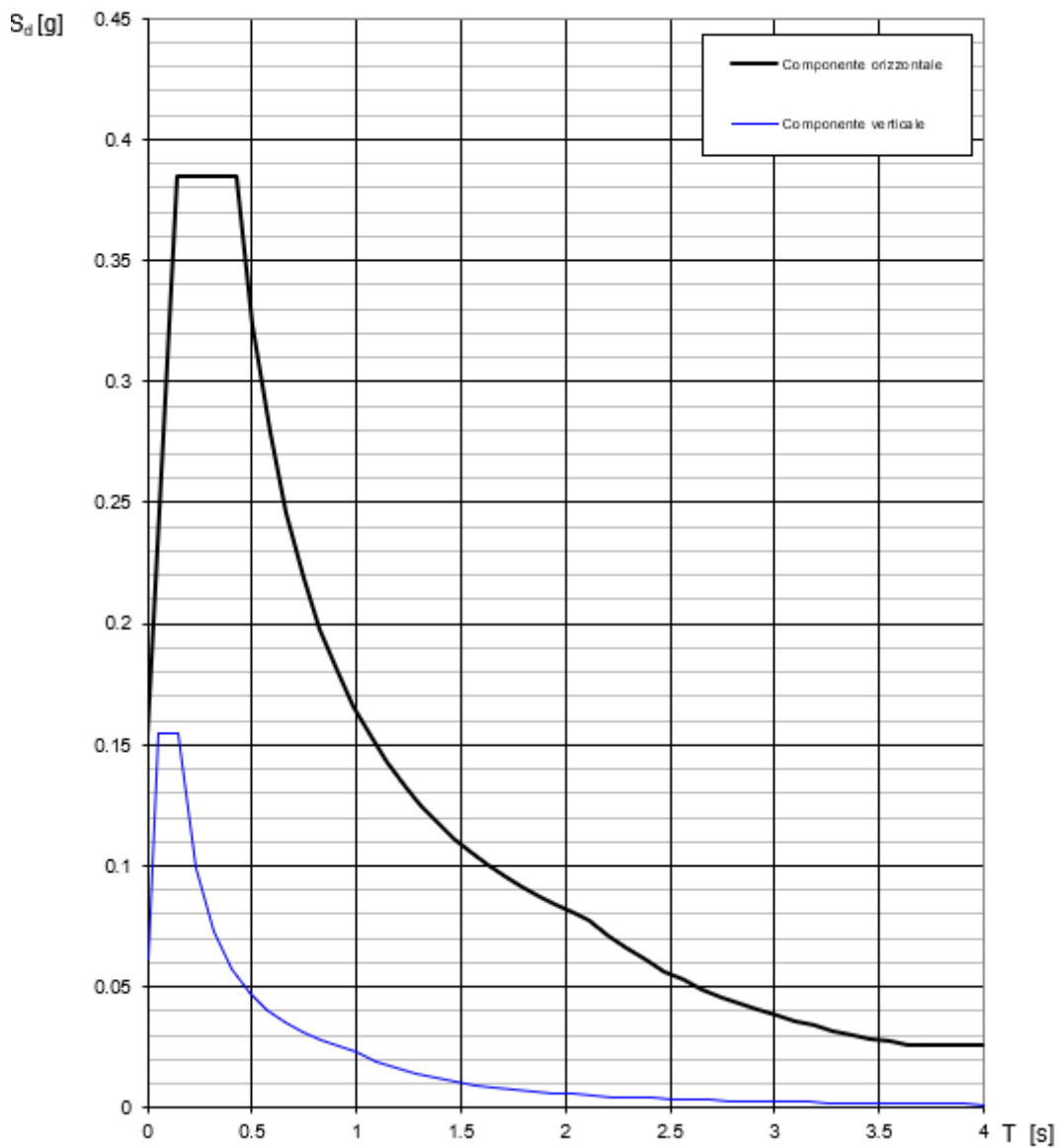
FASE 3

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	27 di 104

Di seguito si riportano i grafici relativi allo spettro di risposta elastico della componente sismica verticale (in blu) e orizzontale (in nero):

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



Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 28 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

Di seguito si riportano i parametri dello spettro di risposta della componente sismica orizzontale allo SLV:

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato linSLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.128 g
F_0	2.504
T_C	0.305 s
S_s	1.200
C_c	1.395
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.142 s
T_C	0.425 s
T_D	2.112 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.154
T_B	0.142	0.385
T_C	0.425	0.385
	0.505	0.324
	0.586	0.279
	0.666	0.246
	0.747	0.219
	0.827	0.198
	0.907	0.180
	0.988	0.166
	1.068	0.153
	1.148	0.142
	1.229	0.133
	1.309	0.125
	1.389	0.118
	1.470	0.111
	1.550	0.106
	1.630	0.100
	1.711	0.096
	1.791	0.091
	1.871	0.087
	1.952	0.084
	2.032	0.081
T_D	2.112	0.077
	2.202	0.071
	2.292	0.066
	2.382	0.061
	2.472	0.057
	2.562	0.053
	2.652	0.049
	2.742	0.046
	2.831	0.043
	2.921	0.040
	3.011	0.038
	3.101	0.036
	3.191	0.034
	3.281	0.032
	3.371	0.030
	3.461	0.029
	3.551	0.027
	3.640	0.026
	3.730	0.026
	3.820	0.026
	3.910	0.026
	4.000	0.026

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 29 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

Di seguito si riportano i parametri dello spettro di risposta della componente sismica verticale allo SLV:

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limitSLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	
a_{ov}	0.062 g
S_a	1.000
S_T	1.000
q	1.000
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.210
S	1.000
η	1.000

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_{ov}}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_v(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.062
T_B ←	0.050	0.155
T_C ←	0.150	0.155
	0.235	0.099
	0.320	0.073
	0.405	0.057
	0.490	0.047
	0.575	0.040
	0.660	0.035
	0.745	0.031
	0.830	0.028
	0.915	0.025
T_D ←	1.000	0.023
	1.094	0.019
	1.188	0.016
	1.281	0.014
	1.375	0.012
	1.469	0.011
	1.563	0.010
	1.656	0.008
	1.750	0.008
	1.844	0.007
	1.938	0.006
	2.031	0.006
	2.125	0.005
	2.219	0.005
	2.313	0.004
	2.406	0.004
	2.500	0.004
	2.594	0.003
	2.688	0.003
	2.781	0.003
	2.875	0.003
	2.969	0.003
	3.063	0.002
	3.156	0.002
	3.250	0.002
	3.344	0.002
	3.438	0.002
	3.531	0.002
	3.625	0.002
	3.719	0.002
	3.813	0.002
	3.906	
	4.000	0.001

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	30 di 104

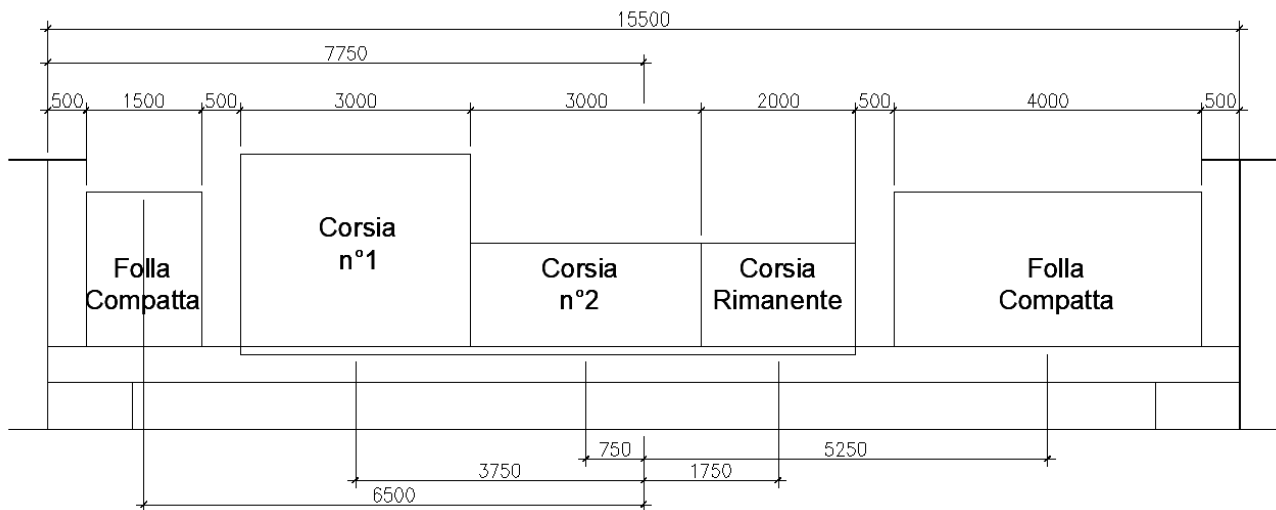
4.7 Carichi Mobili

Le azioni dovute ai Carichi Mobili sono state calcolate in riferimento all'**NTC18**; oltre agli schemi di carico da traffico verticali, è stata considerata l'azione della frenatura e quella della forza centrifuga; quest'ultima è risultata nulla poiché il cavalcavia è in rettilineo.

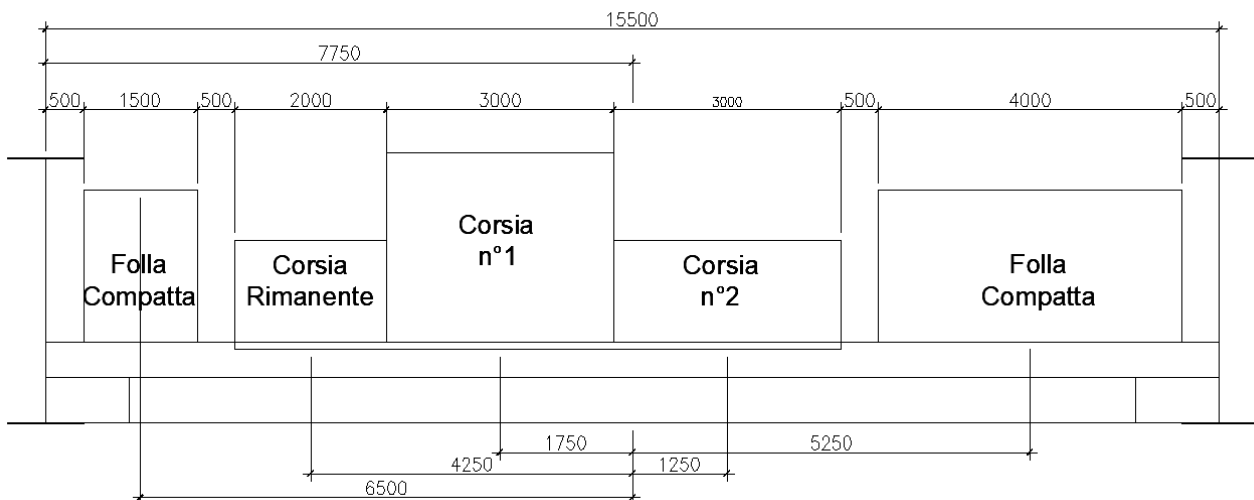
4.7.1 Carichi Verticali: Schemi di carico da traffico

Al fine di valutare gli effetti globali e locali sulle strutture principali dell'impalcato sono stati considerati gli schemi di carico 1, 2 e 5 di cui al § 5 delle **NTC18**. Di seguito si riportano le sezioni trasversali dell'impalcato con le diverse configurazioni trasversali (nel seguito CF) considerate (quote in mm).

- SCHEMA 1: Configurazione Trasversale numero 1 (CF1):



- SCHEMA 1: Configurazione Trasversale numero 2 (CF2):



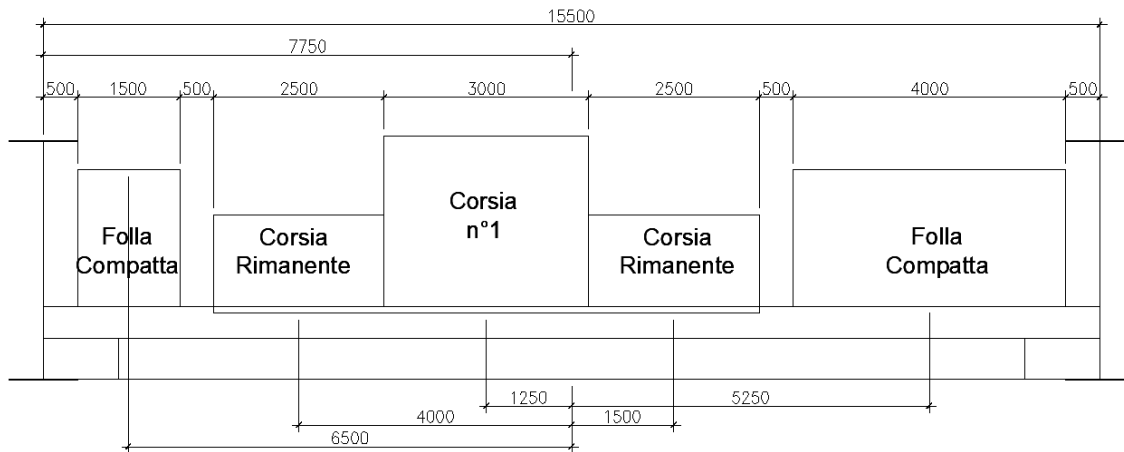
Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	31 di 104

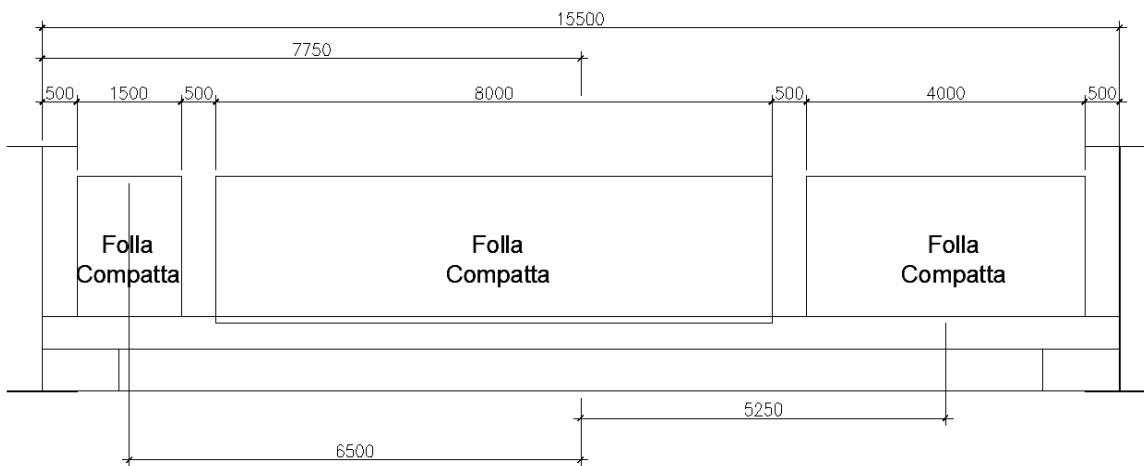
Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 32 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

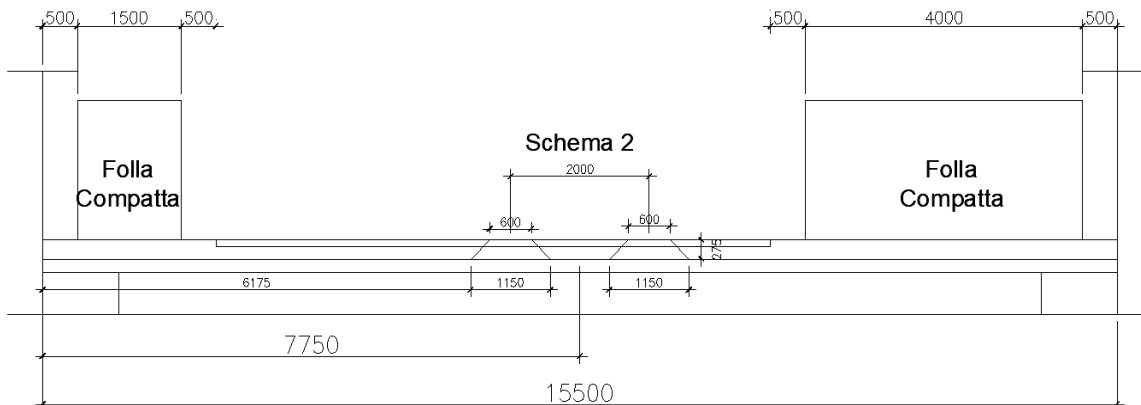
• **SCHEMA 1: Configurazione Trasversale numero 3 (CF3):**



• **SCHEMA 5: Configurazione Trasversale numero 4 (CF4):**



• **SCHEMA 2 (posizionato trasversalmente per massimizzare le sollecitazioni sul traverso):**



Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	33 di 104

Ponte stradale su Torrente Giustenice

 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 34 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

4.7.2 Frenatura

Poiché l'impalcato è "a via inferiore" l'azione della frenatura sul piano stradale è stata considerata eccentrica rispetto le travi principali, pertanto è stata considerata sia una forza longitudinale distribuita sia un momento flettente;

Di seguito si riportano gli estratti dal foglio di calcolo:

AZIONE DA TRAFFICO: FRENATURA

5.1.3.5 AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO. AZIONE LONGITUDINALE 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

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6 (2Q_{1k}) + 0,10q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN} \quad [5.1.4]$$

essendo w_1 la larghezza della corsia e L la lunghezza della zona caricata. La forza, 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.

Q1k	300	[kN]	Singolo Tandem Corsia n°1
q1k	9	[kN/m ²]	Carico Uniformemente distribuito Corsia n°1
w1	3	[m]	Larghezza corsia convenzionale
R.trave1	0.600	[m]	Primo retrotrave
Ap - Ap	41.500	[m]	Distanza Appoggi - Appoggi
R.trave1	0.600	[m]	Secondo retrotrave
L	42.700	[m]	Lunghezza della zona caricata
q3	475.29	[kN]	Forza di frenamento/accelerazione

h traverso	0.600	[m]	Altezza profilo HEB600
h soletta	0.350	[m]	Spessore soletta
h nero	0.100	[m]	Spessore della pavimentazione
h frenatura	1.050	[m]	Quota piano della pavimentazione
h trave	3.500	[m]	Altezza profilo trave principale
Baricentro	1.750	[m]	Baricentro Trave principale
Eccentricità	0.700	[m]	Baricentro Trave principale
Momento	332.703	[kNm]	Momento dato dalla Frenatura

Interasse	15.500	[m]	Interasse travi
Dist Tr. Sx	4.000	[m]	eccentricità corsia 1 - Trave sx
Dist Tr. Dx	11.500	[m]	eccentricità corsia 1 - Trave dx
% Fren. Sx	0.74	[%]	Percentuale di Frenatura sulla Trave Sx
% Fren. Dx	0.26	[%]	Percentuale di Frenatura sulla Trave Dx

F q3 Sx	8.258	[kN/m]	Forza di Frenatura Trave Sx
M q3 Sx	5.781	[kNm/m]	Momento di Frenatura Trave Sx
F q3 Dx	2.872	[kN/m]	Forza di Frenatura Trave Dx
M q3 Dx	2.011	[kNm/m]	Momento di Frenatura Trave Dx

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 35 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

4.7.3 Centrifuga

La forza centrifuga è nulla poiché l'impalcato è in rettilineo;

Di seguito si riportano gli estratti dal foglio di calcolo:

AZIONE DA TRAFFICO: FORZA CENTRIFUGA

4.1.3.6 AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO. AZIONE CENTRIFUGA: q_4

Nei ponti con asse curvo di raggio R (in metri) l'azione centrifuga corrispondente ad ogni colonna di carico si valuta convenzionalmente come indicato in Tab. 5.1.III, essendo $Q_v = \sum_i 2Q_{ik}$ il carico totale dovuto agli assi tandem dello schema di carico 1 agenti sul ponte.

Il carico concentrato q_4 , applicato a livello della pavimentazione, agisce in direzione normale all'asse del ponte.

Tab. 5.1.III - Valori caratteristici delle forze centrifughe

Raggio di curvatura [m]	q_4 [kN]
$R < 200$	$0,2 Q_v$
$200 \leq R \leq 1500$	$40 Q_v/R$
$1500 \leq R$	0

Corsia n°1 presente ?	Corsia presente	[-]
Corsia n°2 presente ?	Corsia presente	[-]
Corsia n°3 presente ?	Corsia assente	[-]
Singolo Tandem Corsia n°1	300	[kN]
Singolo Tandem Corsia n°2	200	[kN]
Singolo Tandem Corsia n°3	0	[kN]
$Q_v = \sum_i 2Q_{ik}$	1000	[kN]
Raggio di curvatura	2000	[m]
q_4	0	[kN]

4.7.4 Azione da Urto

Per la combinazione eccezionale da Urto si è fatto affidamento alle **LG ANAS**, scegliendo, a favore di sicurezza, 4 forze orizzontali da 100 kN in combinazione con lo Schema di carico 2 come da figura sottostante:

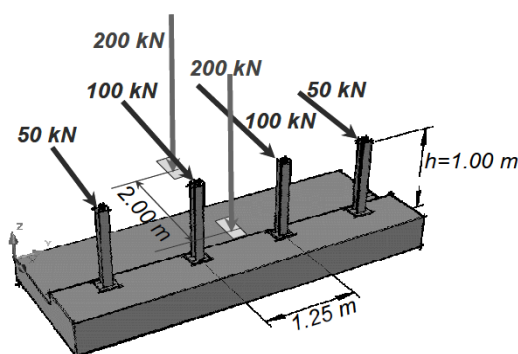


Figura - Sistema di forze equivalenti per condizioni di progetto ordinarie.

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	36 di 104

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 37 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

5. ANALISI MODALE

Per il calcolo della massa sismica della struttura si è fatto riferimento all'NTC18, in particolare al §2.5.3, equazione [2.5.7]; In più si è considerato anche il contributo dei carichi mobili come esplicitato al §5.1.3.12 di cui si riporta uno stralcio:

5.1.3.12 AZIONI SISMICHE: E

Per le azioni sismiche si devono rispettare le prescrizioni di cui ai §§ 2.5.3 e 3.2.

Nelle espressioni [2.5.5] e [2.5.7] si assume, di regola, per i carichi dovuti al transito dei mezzi $\psi_3 = 0,0$.

Ove necessario, per esempio per ponti in zona urbana di intenso traffico, si assume per i carichi dovuti al transito dei mezzi $\psi_3 = 0,2$, quando rilevante, sia nella combinazione delle azioni, sia per la definizione dell'effetto dell'azione sismica.

Di seguito si riporta la massa dell'impalcato calcolata dal programma SAP2000 e confrontata su Excel:

Masse SAP2000 normalizzate rispetto l'accelerazione gravitazionale $g = 9.81 \text{ m/sec}^2$

TABLE: Assembled Joint Masses

Joint	MassSource	U1	U2	U3	R1	R2	R3	CenterX	CenterY	CenterZ
Text	Text	KN-s2/m	KN-s2/m	KN-s2/m	KN-m-s2	KN-m-s2	KN-m-s2	m	m	m
SumAccelUX	MSSSRC1	1181	0	0	0	0	0	-1.62E-16	0.06044	0.15265
SumAccelUY	MSSSRC1	0	1181	0	0	0	0	-1.62E-16	0.06044	0.15265
SumAccelUZ	MSSSRC1	0	0	1181	0	0	0	-1.62E-16	0.06044	0.15265

	U1 = U2 = U3	$\Delta [\%] =$ (SAP2000 - Excel)/Excel
	[kN]	
SAP2000	11589	
Excel	11585	0.034%

5.1 Fattori di Partecipazione di massa

Di seguito si riportano i fattori di partecipazioni di massa dei modi della struttura, nonché il relativo valore cumulativo nelle 3 direzioni principali. In corrispondenza del modo n. 12 il fattore di partecipazione di massa cumulativo nelle 3 direzioni risulta maggiore dell'85%:

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.759	0.00%	82.48%	0.00%	0.00%	82.48%	0.00%
MODAL	Mode	2	0.538	3.99%	0.00%	75.07%	3.99%	82.48%	75.08%
MODAL	Mode	3	0.361	0.01%	0.00%	0.00%	4.00%	82.48%	75.08%
MODAL	Mode	4	0.312	0.00%	0.00%	0.00%	4.00%	82.48%	75.08%

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO
IVOI 00 D 09 CLIV0109001 A 38 di 104

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	5	0.233	8.59%	0.00%	0.29%	12.58%	82.48%	75.37%
MODAL	Mode	6	0.226	0.00%	9.09%	0.46%	12.58%	91.57%	75.82%
MODAL	Mode	7	0.194	15.12%	0.00%	2.15%	27.71%	91.57%	77.98%
MODAL	Mode	8	0.187	17.01%	0.03%	7.38%	44.71%	91.59%	85.36%
MODAL	Mode	9	0.180	4.67%	0.09%	7.83%	49.38%	91.69%	93.19%
MODAL	Mode	10	0.175	18.02%	0.01%	0.06%	67.39%	91.70%	93.25%
MODAL	Mode	11	0.170	11.48%	0.00%	0.10%	78.88%	91.70%	93.34%
MODAL	Mode	12	0.162	7.17%	0.00%	0.10%	86.05%	91.70%	93.45%
MODAL	Mode	13	0.143	0.89%	0.00%	0.10%	86.93%	91.70%	93.55%
MODAL	Mode	14	0.132	1.57%	0.00%	0.00%	88.50%	91.70%	93.55%
MODAL	Mode	15	0.128	1.53%	0.13%	0.10%	90.03%	91.83%	93.65%
MODAL	Mode	16	0.121	0.34%	2.00%	0.06%	90.37%	93.83%	93.71%
MODAL	Mode	17	0.120	0.95%	0.99%	0.13%	91.33%	94.82%	93.84%
MODAL	Mode	18	0.093	0.65%	0.00%	0.36%	91.98%	94.83%	94.20%
MODAL	Mode	19	0.086	0.01%	0.98%	0.04%	91.98%	95.81%	94.25%
MODAL	Mode	20	0.068	0.01%	0.44%	0.00%	92.00%	96.25%	94.25%
MODAL	Mode	21	0.053	4.56%	0.00%	0.06%	96.56%	96.25%	94.31%
MODAL	Mode	22	0.044	0.01%	0.02%	0.83%	96.57%	96.27%	95.14%
MODAL	Mode	23	0.031	1.26%	0.28%	1.60%	97.83%	96.55%	96.74%
MODAL	Mode	24	0.027	1.08%	0.81%	0.12%	98.92%	97.36%	96.86%
MODAL	Mode	25	0.025	0.09%	1.74%	0.78%	99.00%	99.10%	97.64%

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 39 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

6. COMBINAZIONI DI CARICO

Poiché vi sono i Carichi Mobili si è fatto riferimento al §5 dell'NTC18 definendo i gruppi di azione ed usando i coefficienti di tale capitolo.

6.1 Gruppi di Azioni

Sono stati definiti due gruppi di azioni in accordo alla tabella 5.1.V dell'NTC18

Gruppo di azione 1:

schema di carico 1/2: al valore caratteristico

schema di carico 5 al valore di combinazione (2.5 kN/m²)

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.

Gruppo di azione 4:

schema di carico 5: al valore caratteristico (5 kN/m²)

forza centrifuga: al valore caratteristico.

6.2 Coefficienti e Combinazioni di carico

Di seguito si riportano le tabelle dei coefficienti di combinazione del §5 dell'NTC18

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

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{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 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	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

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 40 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combi- nazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequent)	Coefficiente ψ_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
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

In accordo ai coefficienti delle precedenti tabelle sono state definite le seguenti combinazioni di carico.

- Combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

COMB	G1	G2	Gruppo azione 1	Gruppo azione 2a	Gruppo azione 4	Vento	Effetti termici	Viscosità e ritiro
SLU STR 1	1.35	1.5	1.35	-	-	0.9	0.9	1.2
SLU STR 2	1.35	1.5	-	1.35	-	0.9	0.9	1.2
SLU STR 3	1.35	1.5	-	1.35	-	0.9	1.5	1.2
SLU STR 4	1.35	1.5	-	1.35	-	1.5	0.9	1.2

- Combinazioni allo Stato Limite d'Esercizio (SLE) RARA

COMB	G1	G2	Gruppo azione 1	Gruppo azione 2a	Gruppo azione 4	Vento	Effetti termici	Viscosità e ritiro
SLE RARA 1	1	1	1	-	-	0.6	0.6	1
SLU RARA 2	1	1	-	1	-	0.6	0.6	1
SLU RARA 3	1	1	-	-	1	0.6	0.6	1

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 41 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

- Combinazioni allo Stato Limite d'Esercizio (SLE) FREQUENTE

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Schema di carico q_k	Schema di carico Q_k	Effetti termici	Viscosità e ritiro
SLE FREQ.	1	1	0.4	0.75	0.6	1

- Combinazioni allo Stato Limite d'Esercizio (SLE) QUASI PERMANENTE

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Effetti termici	Viscosità e ritiro
SLE Q.P.	1	1	0.5	1

- Combinazione ECCEZIONALE (URTO)

COMB	G1	G2	Gruppo azione 1	URTO	Gruppo azione 4	Vento	Effetti termici	Viscosità e ritiro
ECC_URTO	1.35	1.5	1.35	1.35	-	-	-	-

- Combinazioni allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Ritiro	Gruppo azione 1	Effetti termici	Spettro orizz. X	Spettro orizz. Y	Spettro vert. Z
SISMA X SLV	1	1	1	0.2	0.5	1	0.3	0.3
SISMA Y SLV	1	1	1	0.2	0.5	0.3	1	0.3
SISMA Z SLV	1	1	1	0.2	0.5	0.3	0.3	1

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 42 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

7. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE SEZIONI

7.1 VALUTAZIONE DELLA LARGHEZZA COLLABORANTE

La determinazione della soletta collaborante con i traversi è stata effettuata nel rispetto di quanto previsto dal § 4.3.2.3 delle **NTC18**; Il calcolo delle larghezze efficaci è stato effettuato per i traversi interni e d'estremità sia in zona di campata sia in zona d'appoggio; Di seguito si riporta il calcolo:

1 - TRAVERSI INTERNI

ZONA CAMPATA

NTC18 4.3.2.3

b0	0.1	[m]
i	1.2	[m]
b1=b2	0.550	[m]
Le	15.5	[m]
Le/8	1.938	[m]
be1 = be2	0.550	[m]
beff	1.200	[m]
beff	1.200	[m]

ZONA APPOGGI

NTC18 4.3.2.3

b0	0.1	[m]
i	1.2	[m]
b1=b2	0.550	[m]
Le	15.5	[m]
Le/8	1.938	[m]
be1 = be2	0.550	[m]
$\beta e1 = \beta e2$	1.000	[-]
$\beta e1 * be1$	0.55	[m]
$\beta e2 * be2$	0.55	[m]
beff	1.200	[m]
beff	1.200	[m]

2 - TRAVERSI 1° = 2° = PENULTIMO = ULTIMO

ZONA CAMPATA

NTC18 4.3.2.3

b0	0.100	[m]
i/2 sx	0.600	[m]
i/2 dx	0.475	[m]
b1	0.550	[m]
b2	0.425	[m]
Le	15.5	[m]
Le/8	1.938	[m]
be1	0.550	[m]
be2	0.425	[m]
beff	1.075	[m]
beff	1.075	[m]

ZONA APPOGGI

NTC18 4.3.2.3

b0	0.100	[m]
i/2 sx	0.600	[m]
i/2 dx	0.475	[m]
b1	0.550	[m]
b2	0.425	[m]
Le	15.5	[m]
Le/8	1.938	[m]
be1	0.550	[m]
be2	0.425	[m]
$\beta e1$	1.000	[-]
$\beta e2$	1.000	[-]
$\beta e1 * be1$	0.55	[m]
$\beta e2 * be2$	0.425	[m]
beff	1.075	[m]
beff	1.075	[m]

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 43 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

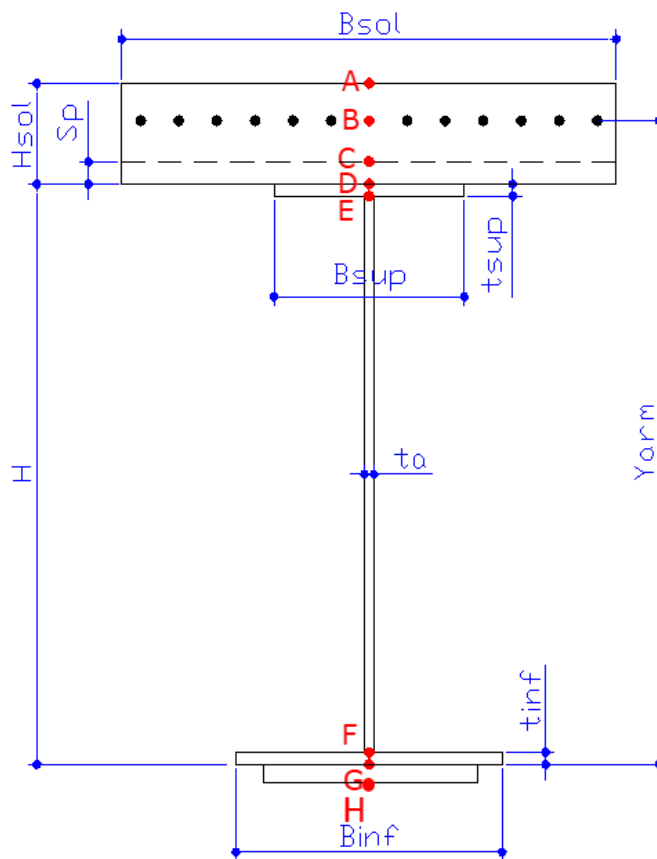
7.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TRAVERSI

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della sezione mista acciaio-calcestruzzo che realizza il traverso (HEB600 con soletta collaborante):

TRAVERSO HEB600	H	600	mm	Altezza totale trave in acciaio
	B _{sup}	300	mm	Larghezza piattabanda superiore trave in acciaio
	t _{sup}	30	mm	Spessore piattabanda superiore trave in acciaio
	t _a	15.5	mm	Spessore anima trave in acciaio
	B _{inf}	300	mm	Larghezza piattabanda inferiore trave in acciaio
	t _{inf}	30	mm	Spessore piattabanda inferiore trave in acciaio
	t piastra	20	mm	Spessore della piastra inferiore

Soletta	B _{sol}	1200	mm	Larghezza efficace della soletta valutata secondo § 4.3.2.3
	H _{sol}	350	mm	Spessore della soletta al lordo di un eventuale lamiera grecata o predalle
	S _p	50	mm	Spessore della porzione non collaborante della soletta (predalle)

Di seguito si riporta la sezione trasversale con i punti di controllo in cui sono state calcolate le tensioni agenti:



Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	44 di 104

Per la verifica del traverso si è fatto un calcolo per “fasi” della sezione mista in acciaio calcestruzzo, considerando per ogni azione una differente sezione di verifica e sommando a posteriori gli effetti fase per fase. In particolare:

fase 1: sezione costituita dal solo traverso d’acciaio (pesi propri acciaio e soletta in calcestruzzo G1);

fase 2: sezione costituita dal traverso d’acciaio più soletta omogeneizzata con n a tempo infinito per G2 (pesi permanenti non portanti G2);

fase 3: sezione costituita dal traverso d’acciaio più soletta omogeneizzata con n istantaneo (Termica, Vento, Sisma, Carichi Mobili).

fase 4: sezione costituita dal traverso d’acciaio più soletta omogeneizzata con n a tempo infinito da Ritiro (Effetti del Ritiro).

Ai fini delle verifiche di sicurezza e stabilità si riportano inoltre per ciascuna sezione di trave modellata e per in ogni fase considerata (1^a fase, 2^a fase T_o, 3^a fase T_{oo}) i parametri seguenti omogeneizzati in acciaio:

- A [m²] area
- Y_G [m] quota baricentro rispetto all’intradosso trave
- I₃ [m⁴] momento d’inerzia nel piano
- A_t [m²] area a taglio verticale
- W_A [m³] modulo di resistenza per flessione nel punto di controllo A (estradosso soletta)
- W_B [m³] modulo di resistenza per flessione nel punto di controllo B (baricentro armature)
- W_C [m³] modulo di resistenza per flessione nel punto di controllo C (intradosso soletta su predalla)
- W_D [m³] modulo di resistenza per flessione nel punto di controllo D (estradosso ala superiore)
- W_E [m³] modulo di resistenza per flessione nel punto di controllo E (fibra superiore anima)
- W_F [m³] modulo di resistenza per flessione nel punto di controllo F (fibra inferiore anima)
- W_G [m³] modulo di resistenza per flessione nel punto di controllo G (intradosso ala inferiore)
- W_G [m³] modulo di resistenza per flessione nel punto di controllo G (intradosso ala inferiore)
- W_H [m³] modulo di resistenza per flessione nel punto di controllo H (intradosso piastra inferiore)

Per le verifiche in zona d’appoggio, a favore di sicurezza, si è considerata la soletta sempre in trazione la verifica nella sezione d’appoggio del traverso è stata eseguita considerando il solo contributo del profilo d’acciaio.

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 45 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

7.2.1 PARAMETRI IN 1° FASE

CARATTERISTICHE MECCANICHE SEZIONE	Tipo sez. / FASI	Descrizione : Elementi resistenti	n	Area	h _{baricentro}	I3	At
			-	mm ²	mm	mm ⁴	mm ²
	1	Trave in acciaio	-	32000	271.56	2 116 000 000	8370

WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG	WH
mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ⁴
			-6 072 782	-6 644 894	9 550 460	8 411 512	7 792 016

7.2.2 PARAMETRI IN 2° FASE

CARATTERISTICHE MECCANICHE SEZIONE	Tipo sez. / FASI	Descrizione : Elementi resistenti	n	Area	h _{baricentro}	I3	At
			-	mm ²	mm	mm ⁴	mm ²
	2	Trave mista a lungo termine per carichi permanenti portati	16.268	56 141	530	4 926 000 000	8 370

WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG	WH
mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ⁴
-182 125 677	-15 638 095	-572 394 985	-54 733 333	-82 100 000	10 262 500	9 658 824	9 294 340

7.2.3 PARAMETRI IN 3° FASE

CARATTERISTICHE MECCANICHE SEZIONE	Tipo sez. / FASI	Descrizione : Elementi resistenti	n	Area	h _{baricentro}	I3	At
			-	mm ²	mm	mm ⁴	mm ²
	3	Soletta+armatura per carichi istantanei	6.065	61 369	-	-	-
	3	Trave mista a breve termine	6.065	93 369	628.35	8 816 000 000	8 370

WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG	WH
mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ⁴
-	-	-	-	-	-	-	-
-156 499 727	-40 692 361	-1 283 748 657	1 055 808 383	229 882 660	15 243 365	14 491 658	14 030 397

7.2.4 PARAMETRI IN 4° FASE

CARATTERISTICHE MECCANICHE SEZIONE	Tipo sez. / FASI	Descrizione : Elementi resistenti	n	Area	h _{baricentro}	I3	At
			-	mm ²	mm	mm ⁴	mm ²
	4	Soletta+armatura per carichi da ritiro	15.562	25 144	-	-	-
	4	Trave mista a lungo termine per carichi da ritiro	15.562	57 144	530	5 007 000 000	8 370

WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG	WH
mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ⁴
-	-	-	-	-	-	-	-
-177 091 199	-15 895 238	-556 572 340	-55 633 333	-83 450 000	10 431 250	9 817 647	9 447 170

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 46 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

7.3 CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE TRAVI PRINCIPALI

7.3.1 Sezione 1 – Appoggio

Sezione 1 Appoggio	H	3500	mm	Altezza totale trave in acciaio
	B _{sup}	1100	mm	Larghezza piattabanda superiore trave in acciaio
	t _{sup}	55	mm	Spessore piattabanda superiore trave in acciaio
	t _a	18.0	mm	Spessore anima trave in acciaio
	B _{inf}	1100	mm	Larghezza piattabanda inferiore trave in acciaio
	t _{inf}	55	mm	Spessore piattabanda inferiore trave in acciaio

Poiché la sezione risulta essere in classe 4 si è proceduto calcolando l'Area Efficace e l'Inerzia efficace; Le sezioni d'appoggio non essendo collaboranti sono uguali per tutte le fasi ed hanno le seguenti caratteristiche meccaniche calcolate ai soli punti di controllo del profilo d'acciaio (D,E,F e G):

CARATTERISTICHE MECCANICHE SEZIONE	Tipo sez. / FASI	Descrizione	n	Area	h _{baricentro}	I3	At
			-	mm ²	mm	mm ⁴	mm ²
	1	Trave in acciaio	-	135168	1675	406 396 299 201	61 020

WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG
mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³
			-222 656 992	-229 574 882	250 894 806	242 655 424

7.3.2 Sezione 2 – Mezzeria

Sezione 2 Mezzeria	H	3500	mm	Altezza totale trave in acciaio
	B _{sup}	1100	mm	Larghezza piattabanda superiore trave in acciaio
	t _{sup}	65	mm	Spessore piattabanda superiore trave in acciaio
	t _a	15.0	mm	Spessore anima trave in acciaio
	B _{inf}	1100	mm	Larghezza piattabanda inferiore trave in acciaio
	t _{inf}	65	mm	Spessore piattabanda inferiore trave in acciaio

Poiché la sezione risulta essere in classe 4 si è proceduto calcolando l'Area Efficace e l'Inerzia efficace; Le sezioni d'appoggio non essendo collaboranti sono uguali per tutte le fasi ed hanno le seguenti caratteristiche meccaniche calcolate ai soli punti di controllo del profilo d'acciaio (D,E,F e G):

CARATTERISTICHE MECCANICHE SEZIONE	Tipo sez. / FASI	Descrizione	n	Area	h _{baricentro}	I3	At
			-	mm ²	mm	mm ⁴	mm ²
	1	Trave in acciaio	-	152932	1692	464 239 039 940	50 550

WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG
mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³
			-256 768 771	-266 344 175	285 335 135	274 373 651

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA
IV01

LOTTO
00

FASE-ENTE
D 09

DOCUMENTO
CLIV0109001

REV.
A

FOGLIO
47 di 104

8. MODELLI DI CALCOLO

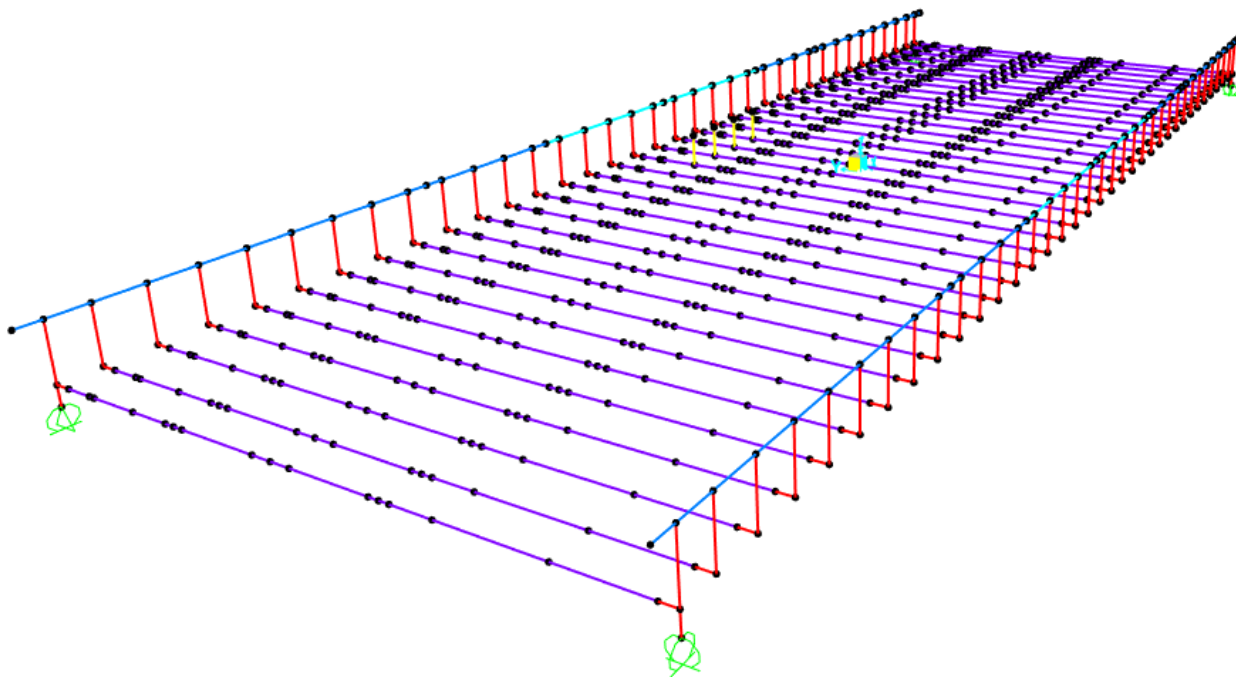
Per lo studio del cavalcavia IV01 sono stati creati i seguenti modelli di calcolo:

1. Modello di calcolo dell'impalcato (4 per le 4 fasi di calcolo)
2. Modello di calcolo locale del Traverso per le verifiche in mezzeria (sezione collaborante)
3. Modello di calcolo locale del Traverso per le Verifiche in appoggio (solo HEB600)
4. Modello di calcolo locale dei traversi con soletta per verifiche a fatica
5. Modello di calcolo locale per instabilità della piattabanda superiore della trave principale in zona centrale (Anima trave d'acciaio, irrigidenti trasversali in mezzeria e traverso)
6. Modello di calcolo locale per instabilità della piattabanda superiore della trave principale in zona traversi di testata (Anima trave d'acciaio, irrigidenti trasversali di testata e traverso).

8.1 Modello di calcolo dell'impalcato

8.1.1 Modello per Fase 1

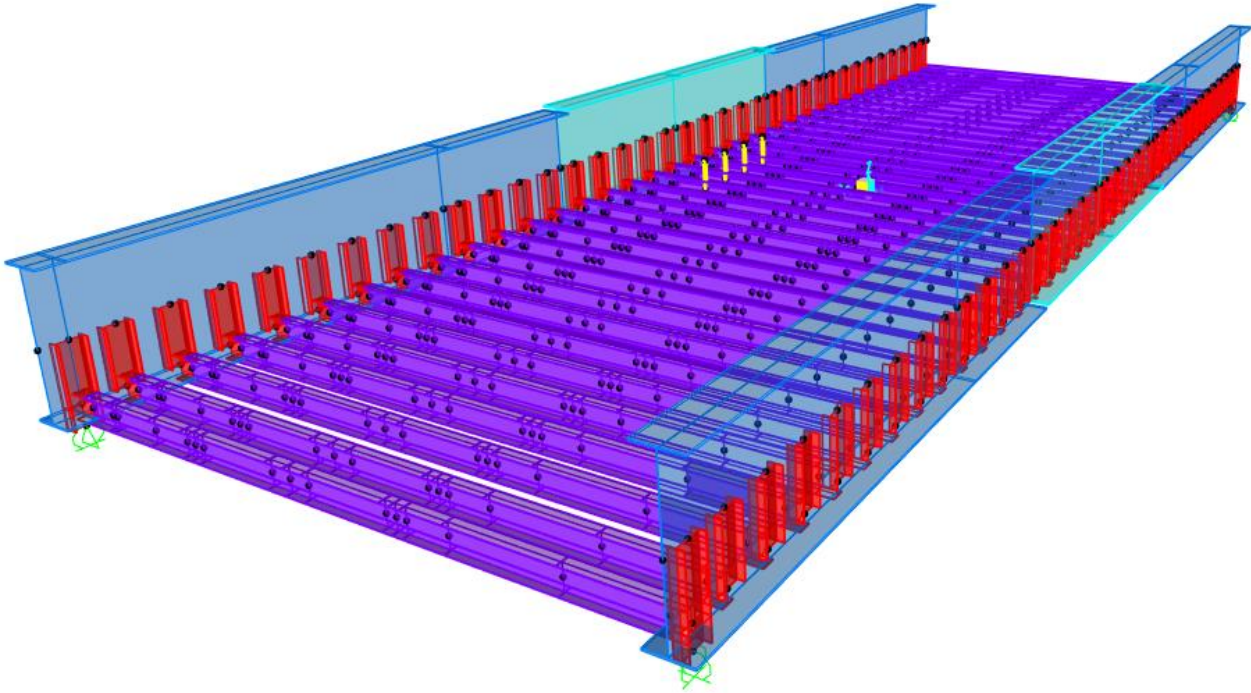
Si mostra di seguito la vista unifilare del modello:



Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

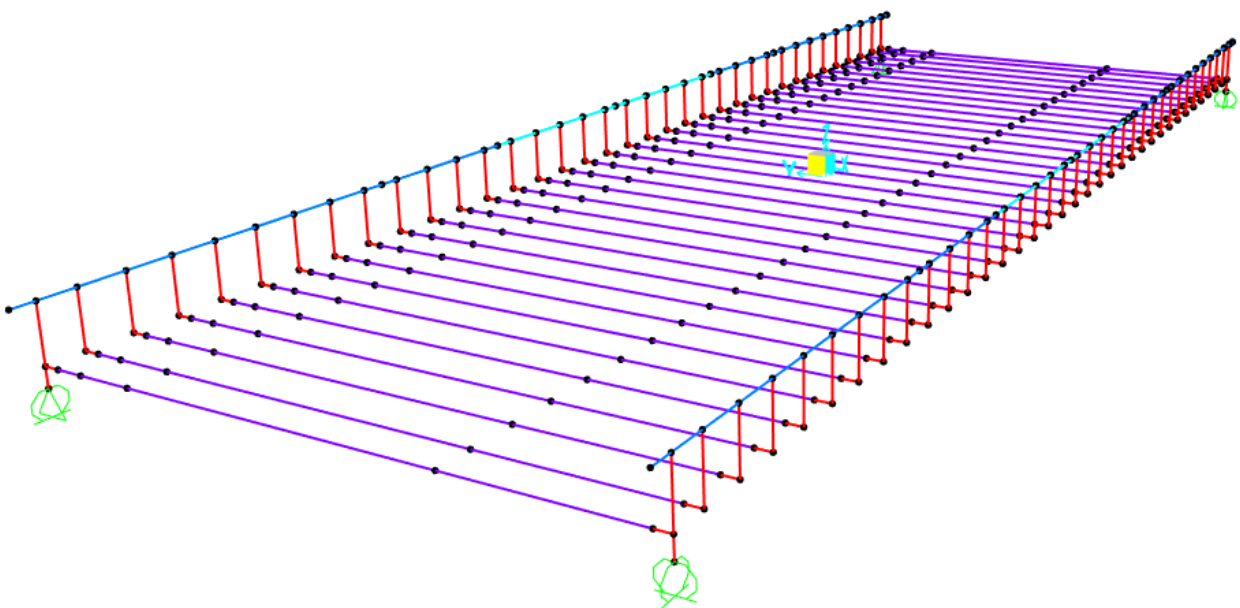
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	48 di 104

Di seguito si mostra la vista estrusa del modello:



8.1.2 Modello per Fase 2=3=4

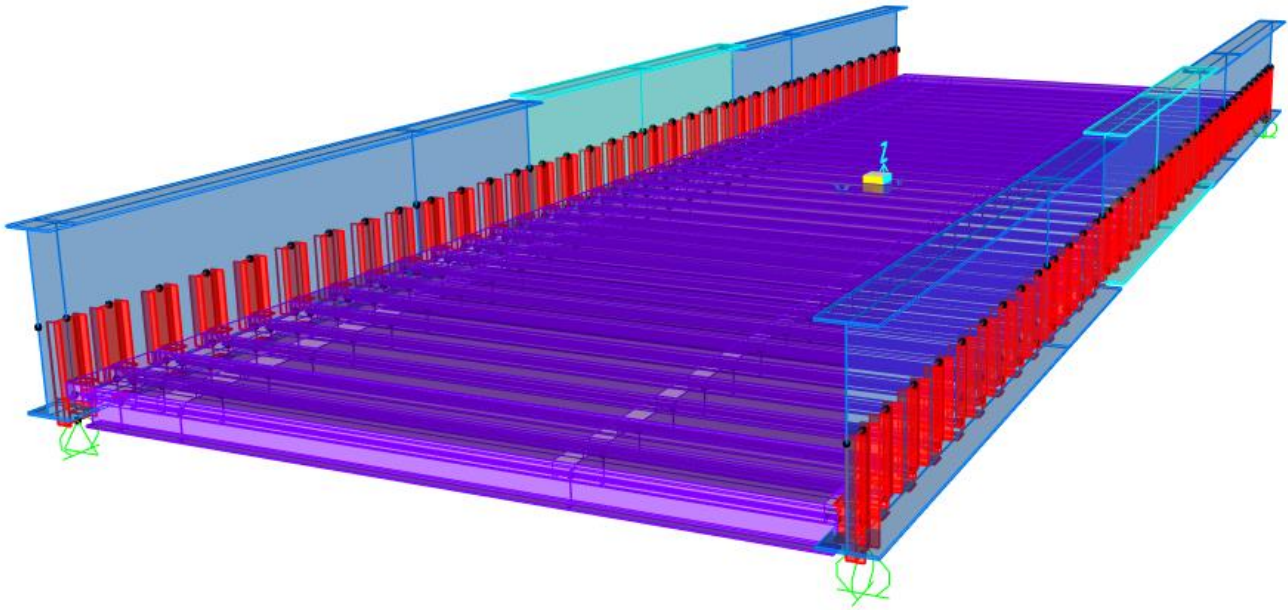
Per i seguenti modelli cambiano solo le caratteristiche meccaniche, la geometria è sempre la stessa; di seguito si mostra la vista unifilare del modello:



Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

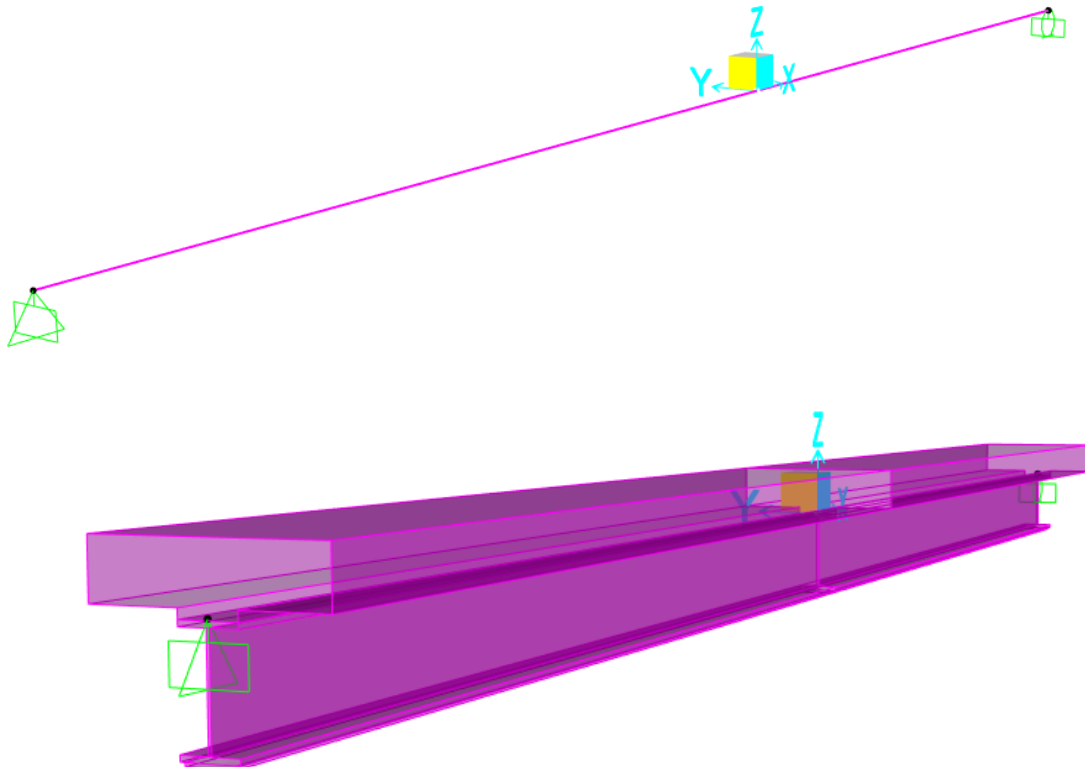
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	49 di 104

Di seguito si mostra la vista estrusa del modello:



8.1.3 Modello locale Trasverso in mezzeria

Di seguito si mostra prima la vista unifilare ed in seguito la vista estrusa:



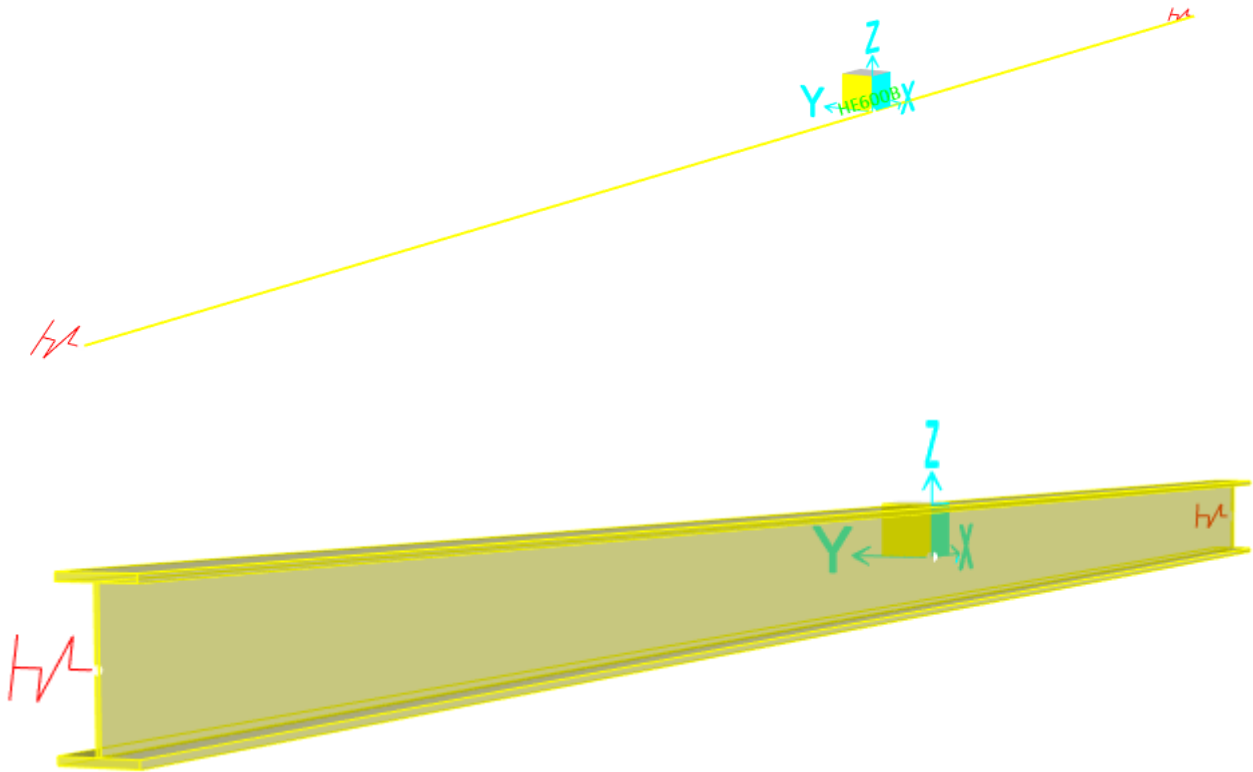
Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	50 di 104

8.1.4 Modello locale Trasverso in appoggio

Di seguito si mostra prima la vista unifilare ed in seguito la vista estrusa del modello:



8.1.5 Modello locale Trasverso con soletta per verifica a fatica

Di seguito si mostra la vista unifilare del modello:

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA
IV01

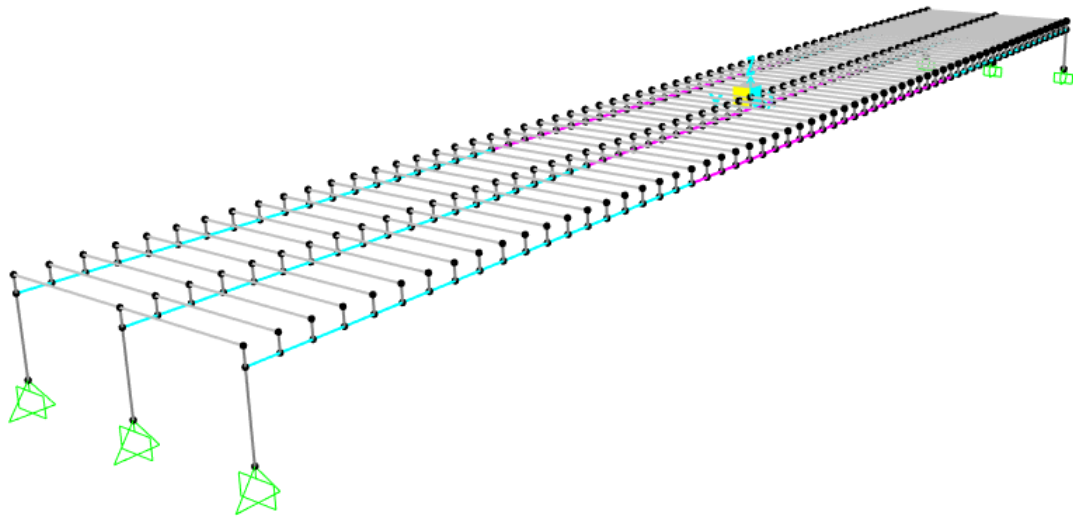
LOTTO
00

FASE-ENTE
D 09

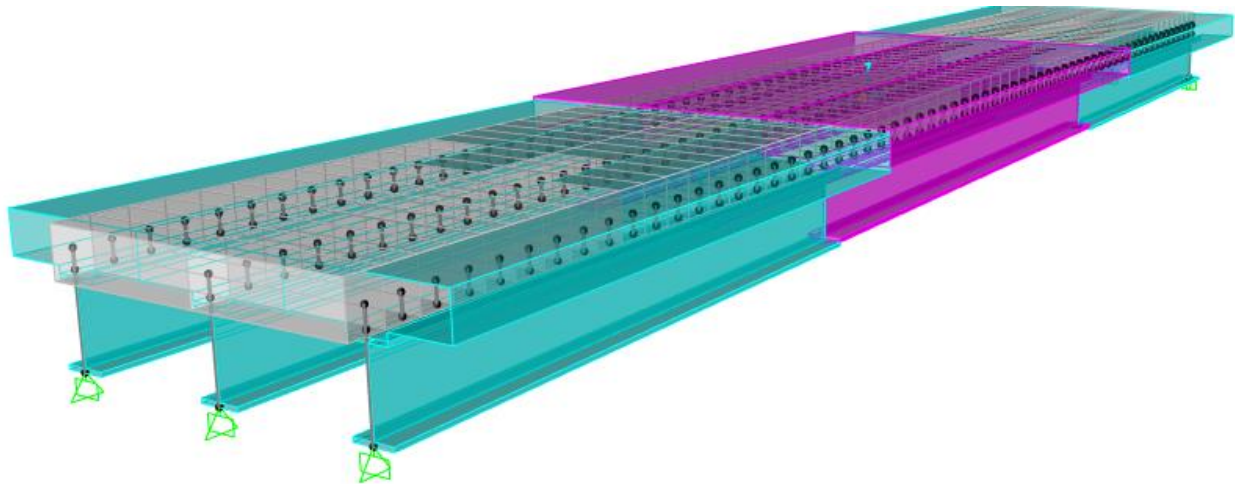
DOCUMENTO
CLIV0109001

REV.
A

FOGLIO
51 di 104



Di seguito si mostra la vista estrusa del modello:

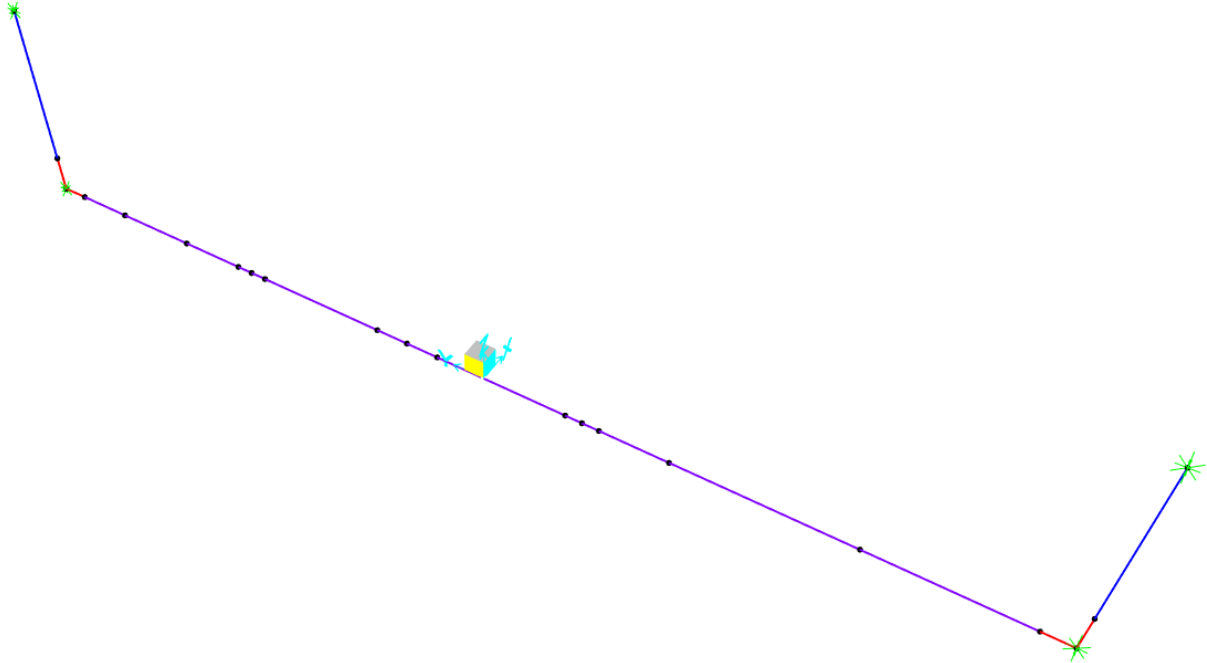


8.1.6 Modello locale per Instabilità piattabanda superiore Trave in zona centrale

Di seguito si mostra la vista unifilare del modello:

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	52 di 104



Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA
IV01

LOTTO
00

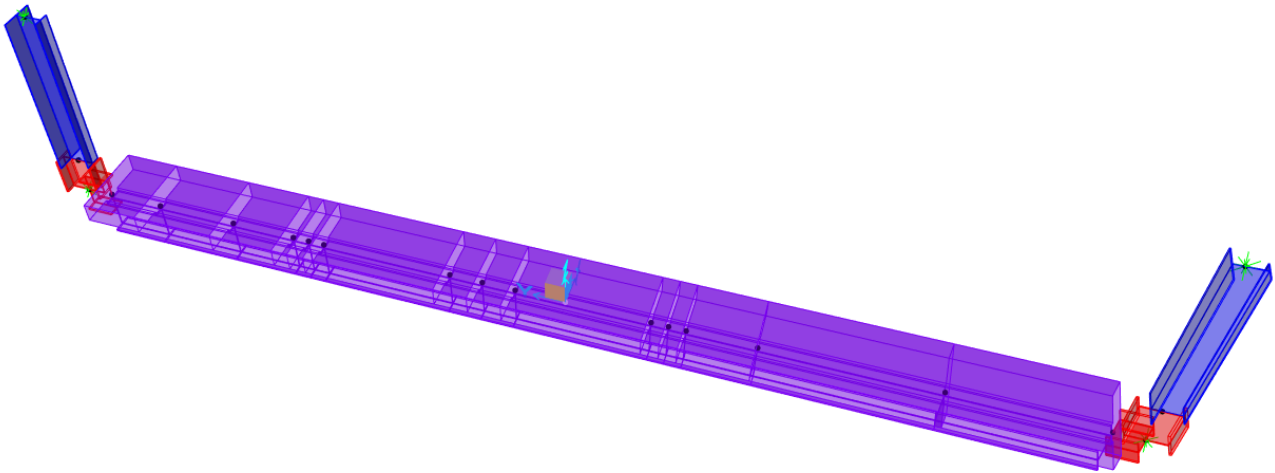
FASE-ENTE
D 09

DOCUMENTO
CLIV0109001

REV.
A

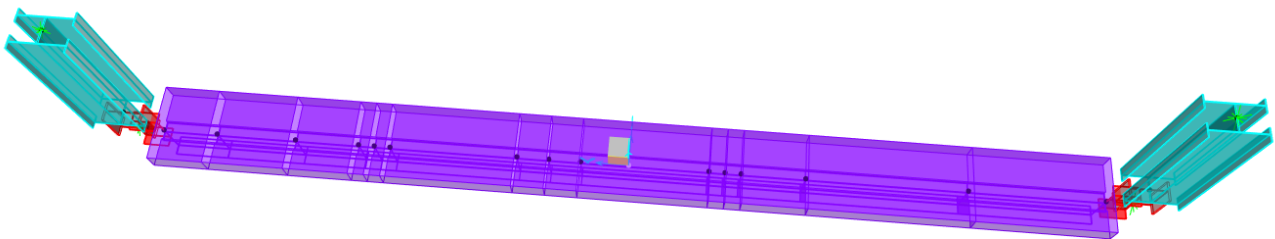
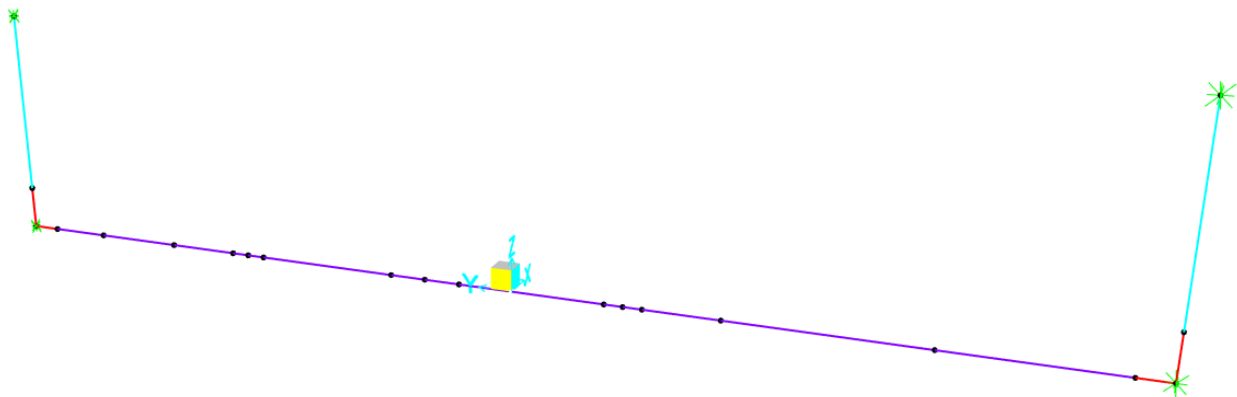
FOGLIO
53 di 104

Di seguito si mostra la vista unifilare del modello:



8.1.7 Modello locale per Instabilità piattabanda superiore Trave in zona appoggi

Di seguito si mostra prima la vista unifilare ed in seguito la vista estrusa del modello:



Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IVOI	00	D 09	CLIV0109001	A	54 di 104

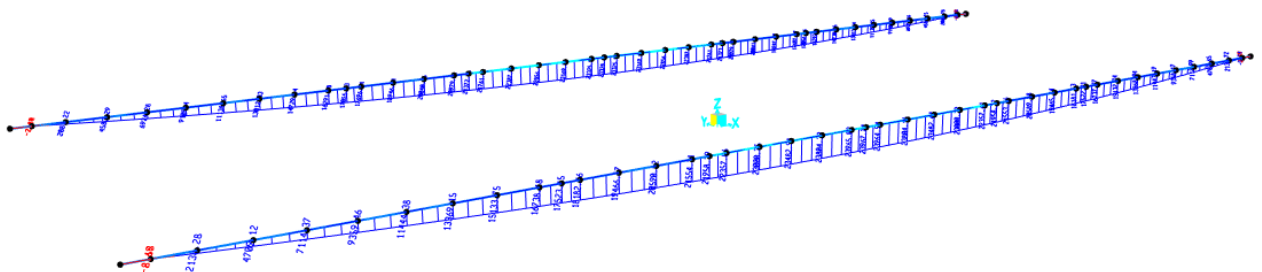
9. CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

Si riportano di seguito le caratteristiche di taglio e momento flettente nel piano verticale (calcolate con l'ausilio del programma SAP2000) delle travi principali e dei traversi sulle quali sono state massimizzate le sollecitazioni.

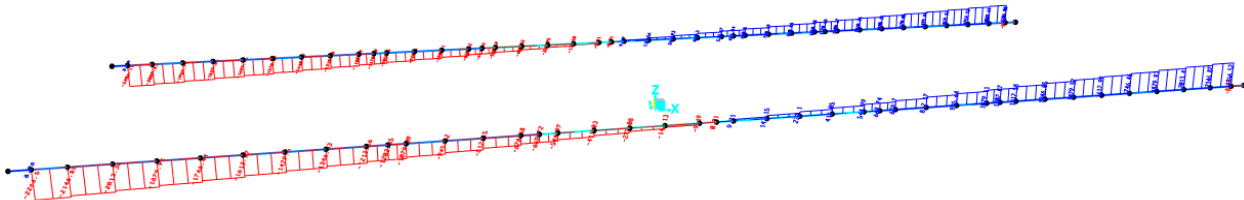
9.1 Caratteristiche sollecitazioni Travi principali

9.1.1 G1

Andamento Momento Flettente nel piano:

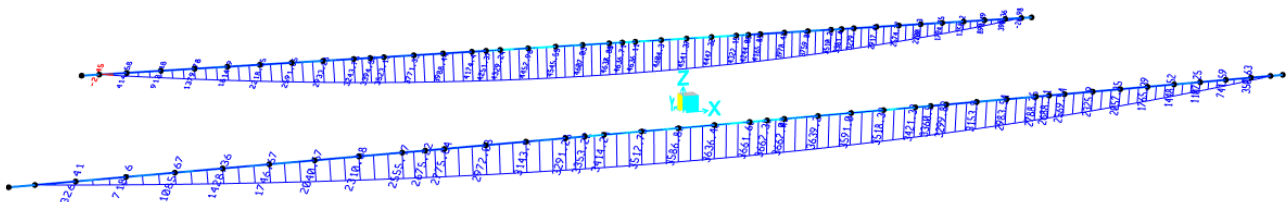


Andamento Taglio nel piano:

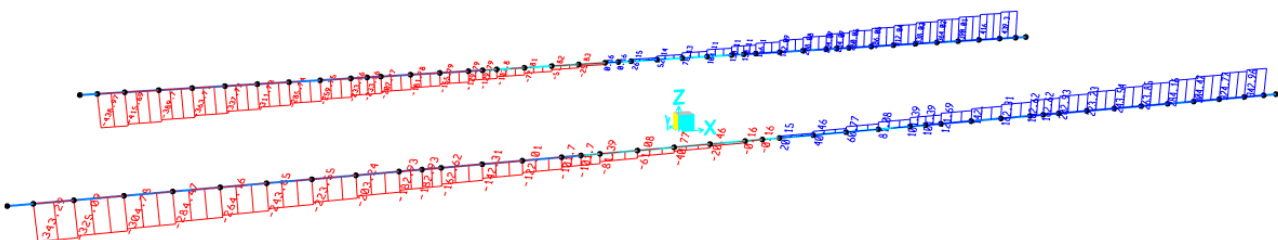


9.1.2 G2

Andamento Momento Flettente nel piano:



Andamento Taglio nel piano:



Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

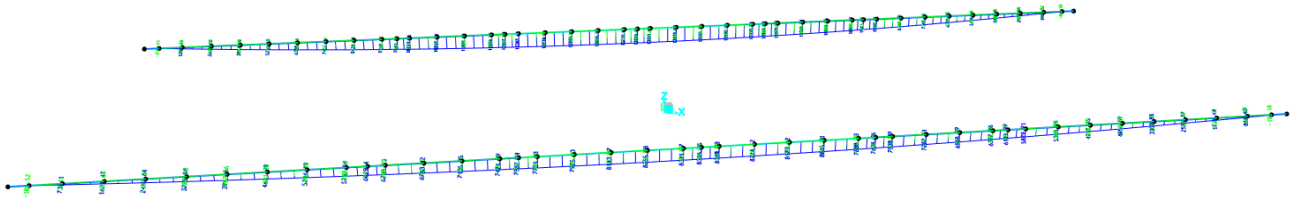
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	55 di 104

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

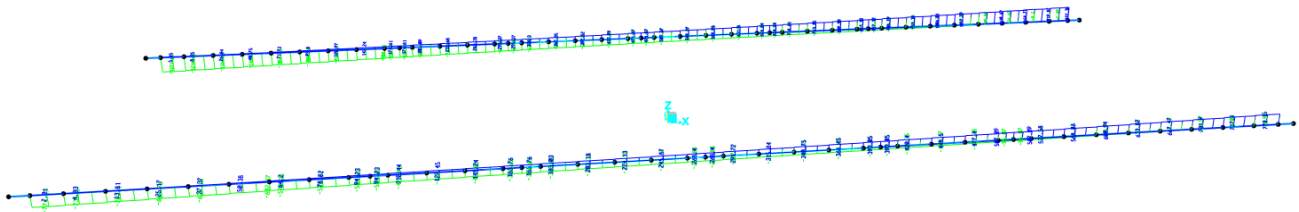
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	56 di 104

9.1.3 Carichi Mobili: CF1

Andamento Momento Flettente nel piano:



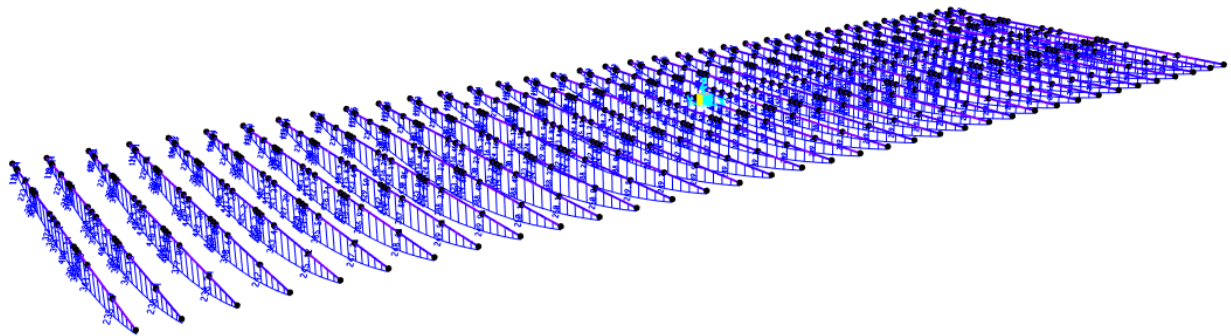
Andamento Taglio nel piano:



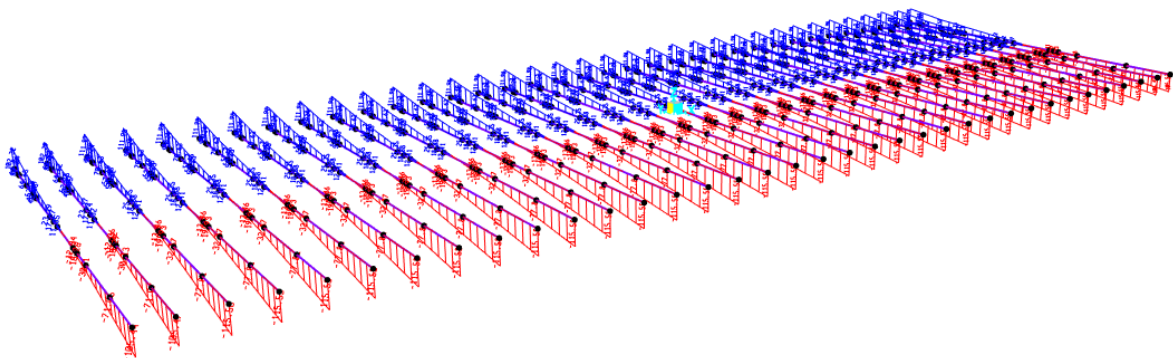
9.2 Caratteristiche sollecitazioni Traversi

9.2.1 G1

Andamento Momento Flettente nel piano:



Andamento Taglio nel piano:



Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	57 di 104

Ponte stradale su Torrente Giustenice

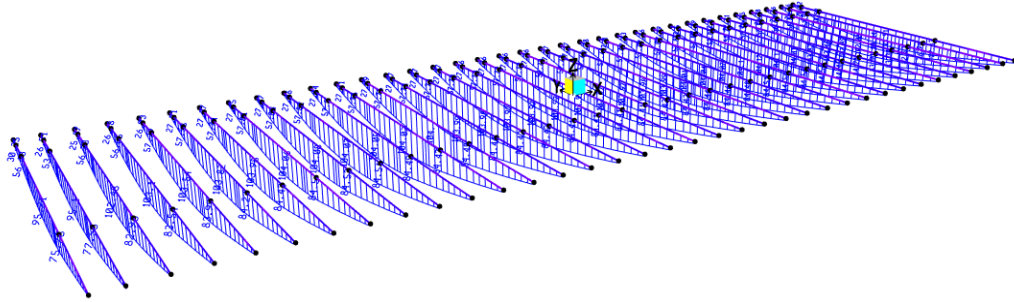
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

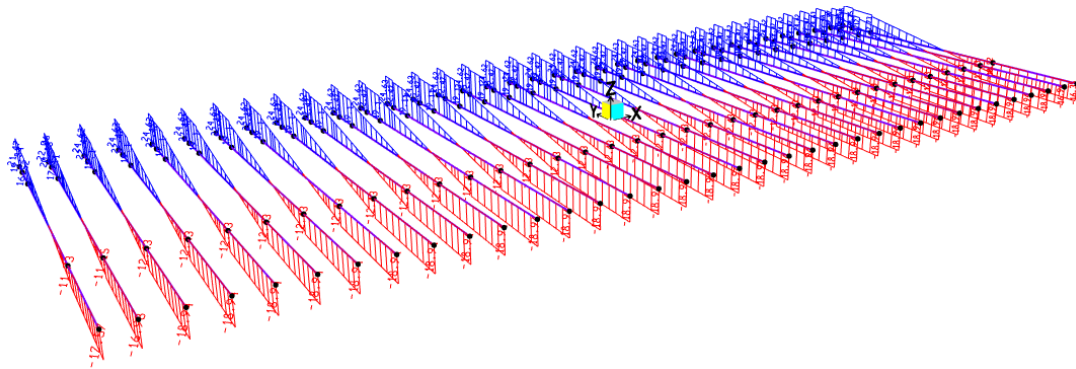
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	58 di 104

9.2.2 G2

Andamento Momento Flettente nel piano:

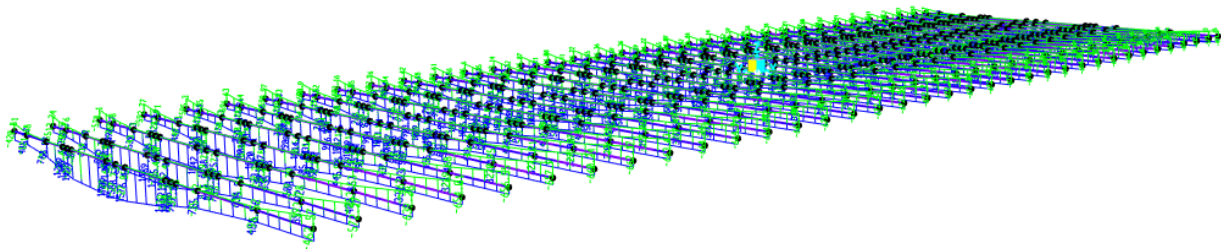


Andamento Taglio nel piano:

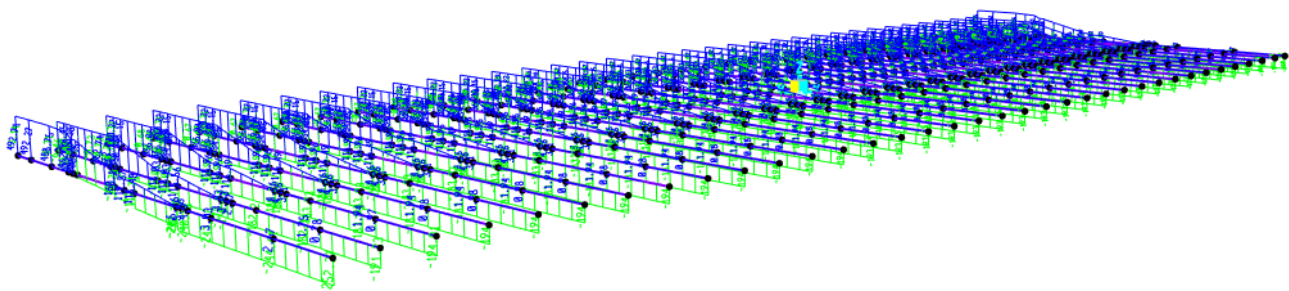


9.2.3 Carichi Mobili: CF1

Andamento Momento Flettente nel piano:



Andamento Taglio nel piano:





**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	59 di 104

Ponte stradale su Torrente Giustenice

 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 60 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

10. VERIFICHE TRAVI PRINCIPALI

Le verifiche sono state condotte per tutte le combinazioni di normativa, tuttavia si riportano di seguito le tensioni relative alle condizioni di carico più gravose. Nelle verifiche sono state assunte, convenzionalmente, come negative le tensioni di compressione e positive le tensioni di trazione. Le unità di misura utilizzate per le tensioni sono i N/mm² (MPa).

10.1 TRAVI: Verifiche Stato Limite Ultimo (SLU) e Salvaguardia della Vita (SLV)

10.1.1 Sezione 1 (Appoggio) : Verifica Presso/Tenso - Flessionale

Si riassumono, di seguito, le relazioni utilizzate per il passaggio dallo stato di sollecitazione a quello tensionale per le travi d'acciaio:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W}, \quad \tau = T: A_t, \quad \sigma_{id} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni agenti nella sezione d'appoggio:

SOLLECITAZIONI: Sfzo Assiale, Taglio e Momento	Carichi	Sezione / FASE	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
	G1_peso_proprio acciaio		1	0.00	-634.65
G1_peso_Soletta		1	0.03	-1571.46	-5.15
Ritiro nella Soletta (Effetto primario)		1	0.00	0.00	0.00
Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)		1	0.00	0.00	0.00
G2 - Carichi Permanenti non portanti		1	-0.29	-417.57	-2.17
Termica nella Soletta (Effetto primario)		1	0.00	0.00	0.00
Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)		1	0.00	0.00	0.00
Carichi da Traffico Caratteristici (CF1)		1	-0.79	-1271.36	-11.06
Carichi da Traffico Frequenti (CF1_FQ)		1	-0.44	-691.52	-5.12
Vento Carico		1	9.94	-22.81	11.93
Sisma Verticale		1	25.13	696.38	32.87

Si riportano le tensioni calcolate a partire dalle sollecitazioni:

Carichi	$\sigma = N/A \pm M/W$ [Mpa] - Calcolata ai punti di controllo				$\tau = V/At$ [Mpa]
	D	E	F	G	Anima
G1_peso_proprio acciaio	0.012	0.012	-0.011	-0.011	-10.401
G1_peso_Soletta	0.023	0.023	-0.020	-0.021	-25.753
Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G2 - Carichi Permanenti non portanti	0.008	0.007	-0.011	-0.011	-6.843
Termica nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Carichi da Traffico Caratteristici (CF1)	0.044	0.042	-0.050	-0.051	-20.835
Carichi da Traffico Frequenti (CF1_FQ)	0.020	0.019	-0.024	-0.024	-11.333
Vento Carico	0.020	0.022	0.121	0.123	-0.374
Sisma Verticale	0.038	0.043	0.317	0.321	11.412

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 61 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

Si riportano le tensioni ideali da combinazioni allo SLU e SLV come da § 6.2:

Combinazioni SLU e SLV	σ [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ [Mpa]
	D	E	F	G
SLU1	0.136	151.617	151.617	-0.019
SLU2	0.104	129.398	129.398	0.018
SLU3	0.104	129.398	129.398	0.018
SLU4	0.116	129.786	129.786	0.091
SLV_Z	0.090	61.924	61.924	0.268

Infine si riportano i tassi di lavoro definiti come rapporto tra sollecitazione su resistenza ai diversi punti di controllo per le precedenti combinazioni:

Combinazioni SLU e SLV	t.d.l. %	t.d.l. %	t.d.l. %	t.d.l. %
	D	E	F	G
SLU1	0.040%	44.845%	44.844%	0.006%
SLU2	0.031%	38.273%	38.273%	0.005%
SLU3	0.031%	38.273%	38.273%	0.005%
SLU4	0.034%	38.387%	38.387%	0.027%
SLV_Z	0.027%	18.315%	18.316%	0.079%

Tutte le verifiche risultano soddisfatte,

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 62 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

10.1.2 Sezione 1 (Appoggio) : Verifica stabilità dei pannelli soggetti a taglio

Per la verifica alla stabilità dei pannelli soggetti a taglio si è fatto riferimento alla **circ. NTC18** al §C4.2.4.1.3.4.1. Per prima cosa si è controllato se il pannello fosse realmente soggetto ad instabilità in seguito si è calcolata la rigidezza trasversale dell'irrigidente e confrontata con quella minima come da equazione [C4.2.52] del §C4.2.4.1.3.4.1;

Un irrigidente trasversale può essere considerato rigido quando il suo momento d'inerzia I_{st} soddisfa le relazioni seguenti

$$\begin{aligned} I_{st} &\geq 1,5 \cdot h_w^3 \cdot t^3 / a^2 & \text{se } a/h_w < \sqrt{2} \\ I_{st} &\geq 0,75 \cdot h_w \cdot t^3 & \text{se } a/h_w \geq \sqrt{2} \end{aligned} \quad [C4.2.52]$$

Infine si sono calcolati i contributi resistenti a taglio dell'anima e delle ali. Poiché il contributo delle ali dipende dalle sollecitazioni questo contributo è stato calcolato per ogni combinazione come prescritto dall'equazione [C.4.2.48]:

$$V_{bf,Rd} = \frac{b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf}}{a \left(0,25 + \frac{1,6 \cdot b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf}}{t \cdot h_w^2 \cdot f_{yw}} \right) \gamma_{M1}} \cdot \left[1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{f,red}} \right) \right]$$

Nel seguito il termine a numeratore della precedente equazione verrà chiamato costante 1 mentre il termine a denominatore costante 2. Il termine $M_{f,red}$ tiene conto della riduzione della resistenza a flessione per via dello sforzo di compressione come da equazione [C.4.2.49]:

$$M_{f,red} = \frac{M_{fk}}{\gamma_{M0}} \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{(A_{fi} + A_{fs}) \cdot f_{yf}} \right)$$

Proprio per questo motivo si riportano solo le compressioni delle combinazioni. Di seguito si riportano gli estratti dai fogli di calcolo per tale verifica.

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 63 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

C4.2.4.1.3.4.1. Stabilità dei pannelli soggetti a taglio

Tipo di pannello	irrigidito	[-]
hw = Altezza Anima	3390	[mm]
t = Spessore Anima	18	[mm]
Epsilon	0.81	[-]

t irr = Spessore Platto irrigidimento	12	[mm]
hw irr = Altezza Platto irrigidimento	2870	[mm]
a = Interasse Longitudinale dell'Irrigidimento Trasversale	2400	[mm]
Interasse longitudinale minimo piatti montante in appoggio	287	[mm]
Area minima Irrigidimento trasversale	1831	[mm ²]
Irrigidimento trasversale può essere considerato:	rigido	[-]

σE = Tensione critica euleriana del pannello d'anima	5.36	[MPa]
a/h _w	0.708	[-]
se a/hw ≥ 1 = k _{τ,1}	13.32	[-]
se a/hw < 1 = k _{τ,2}	14.65	[-]
k _τ funzione del passo degli irrigidenti	14.65	[-]
Coefficiente η	1.2	[-]
Rapporto hw / t	188.3333333	[-]

Pannello soggetto ad Instabilità per taglio

Tensione tangenziale critica τ _{cr} = k _τ x σE	78.50	[MPa]
Tensione di snervamento del pannello d'anima f _{yw}	355	[MPa]
Snellezza adimensionale λ _w	1.616	[-]
Coefficiente χ _w	0.591	[-]
Coefficiente sicurezza acciaio	1.05	[-]
V _{bw,Rd} = Contributo Resistente dell'anima	7045	[kN]

Verifica rigidità irrigiditore trasversale - C4.2.52

hw = Altezza Anima	3390	[mm]
t = Spessore Anima	18	[mm]
a = Interasse longitudinale dell'Irrigidimento trasversale	2400	[mm]
t irr = Spessore Platto irrigidimento	12	[mm]
b irr = Larghezza piatto irrigidimento	392	[mm]
a/h _w	0.708	[-]
I _{t,min} = Inerzia minima	59167795	[mm ⁴]
I _t = Inerzia irrigidente Trasversale	60236288	[mm ⁴]

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 64 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

CALCOLO Mfk - C4.2.49 (Momento Plastico Sez Classe 4)

Area superiore	60500	[mm ²]
Baricentro A. Sup.	1730	[mm]
Area inferiore	60500	[mm ²]
Baricentro A. Inf.	1730	[mm]
Baricentro Sezione	0	[mm]
Braccio Sup	1730	[mm]
Braccio Inf	-1730	[mm]
Tensione Snervamento	355	[MPa]
A sup * b sup * fyk	37156	[kNm]
A inf * b inf * fyk	-37156	[kNm]
Mfk	74312	[kNm]
Afi (inferiore)	60500	[mm ²]
Afs (superiore)	60500	[mm ²]
fyf*(Afi + Afs)	42955	[kN]

ε	0.81	[-]
t profilo trave	18	[mm]
t irrigidimento	12	[mm]
tf = s Area minore x N	55	[mm]
bf	1354	[mm]
hw della trave	3390	[mm]
Interasse Irrig.	2400	[mm]
Costante 1	1454528515	[Nmm]
Costante 2	710	[mm]
Costante 1 / 2	2049	[kN]

Combinazioni	Ned	Ved	Med	Mf,red	Vbf,Rd	Vbw,Rd	V,Rd	t.d.l.
[-]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[%]
SLU 1	0.000	-5341	-18	70773	2049	7045	9094	58.738%
SLU 2	0.000	-4559	-10	70773	2049	7045	9094	50.129%
SLU 3	0.000	-4559	-10	70773	2049	7045	9094	50.129%
SLU 4	0.000	-4572	-3	70773	2049	7045	9094	50.278%
SLV_Z	0.000	-2182	21	70773	2048	7045	9094	23.990%
Massimo tasso di lavoro - SLU 1				58.738%			[%]	
Massimo coeff. Di sicurezza - SLU 1				1.702			[-]	

La verifica di instabilità per taglio per il pannello d'appoggio risulta soddisfatta

Ponte stradale su Torrente Giustenice

 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 65 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

10.1.3 Sezione 2 (Mezzeria) : Verifica Presso/Tenso - Flessionale

Si riassumono, di seguito, le relazioni utilizzate per il passaggio dallo stato di sollecitazione a quello tensionale per le travi d'acciaio:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W}, \quad \tau = T : A_t, \quad \sigma_{id} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni agenti nella sezione di mezzeria

SOLLECITAZIONI: Sfozo Assiale, Taglio e Momento	Carichi	Sezione / FASE	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
	G1_peso_proprio acciaio	1	-0.023	0.000	6655.779
	G1_peso_Soletta	1	0.546	-0.010	16672.843
	Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	1	0.000	-	-
	Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	1	0.000	0.000	0.000
	G2 - Carichi Permanenti non portanti	1	-5.406	0.124	4414.207
	Termica nella Soletta (Effetto primario)	1	0.000	0.000	-
	Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	1	0.000	0.000	0.000
	Carichi da Traffico Caratteristici (CF1)	1	-40.571	471.190	13217.775
	Carichi da Traffico Frequenti (CF1_FQ)	1	-27.294	-287.148	7147.442
	Vento Carico	1	115.364	0.247	372.767
	Sisma Verticale	1	322.248	24.732	9297.537

Si riportano le tensioni calcolate a partire dalle sollecitazioni:

Carichi	$\sigma = N/A \pm M/W$ [Mpa] - Calcolata ai punti di controllo				$\tau = V/A_t$ [Mpa]
	D	E	F	G	Anima
G1_peso_proprio acciaio	-25.921	-24.990	23.326	24.258	0.000
G1_peso_Soletta	-64.930	-62.595	58.436	60.770	0.000
Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G2 - Carichi Permanenti non portanti	-17.227	-16.609	15.435	16.053	0.002
Termica nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Carichi da Traffico Caratteristici (CF1)	-51.743	-49.892	46.058	47.909	9.321
Carichi da Traffico Frequenti (CF1_FQ)	-28.015	-27.014	24.871	25.872	-5.680
Vento Carico	-0.697	-0.645	2.061	2.113	0.005
Sisma Verticale	-34.103	-32.801	34.692	35.994	0.489

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 66 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

Si riportano le tensioni ideali da combinazioni allo SLU e SLV come da § 6.2:

Combinazioni SLU e SLV	σ [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ [Mpa]
	D	E	F	G
SLU1	-218.969	212.211	198.765	205.447
SLU2	-186.937	180.690	169.482	175.696
SLU3	-186.937	180.690	169.482	175.696
SLU4	-187.355	181.075	170.714	176.964
SLV_Z	-152.529	147.029	141.159	146.657

Infine si riportano i tassi di lavoro definiti come rapporto tra sollecitazione su resistenza ai diversi punti di controllo per le precedenti combinazioni:

Combinazioni SLU e SLV	t.d.l. %	t.d.l. %	t.d.l. %	t.d.l. %
	D	E	F	G
SLU1	64.766%	62.767%	58.790%	60.766%
SLU2	55.291%	53.443%	50.128%	51.966%
SLU3	55.291%	53.443%	50.128%	51.966%
SLU4	55.415%	53.558%	50.493%	52.341%
SLV_Z	45.114%	43.488%	41.751%	43.377%

Tutte le verifiche risultano soddisfatte,

Ponte stradale su Torrente Giustenice

 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 67 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

10.1.4 Sezione 2 (Mezzeria) : Verifica stabilità dei pannelli soggetti a taglio

Per la seguente verifica si sono usati gli stessi riferimenti del §10.1.2; Di seguito si riportano degli estratti dai fogli di calcolo per tale verifica.

C4.2.4.1.3.4.1. Stabilità dei pannelli soggetti a taglio

Tipo di pannello	irrigidito	[-]
hw = Altezza Anima	3370	[mm]
t =Spessore Anima	15.0	[mm]
Epsilon	0.81	[-]

t irr = Spessore Piatto irrigidimento	12	[mm]
hw irr = Altezza Piatto irrigidimento	2870	[mm]
e =Interasse Longitudinale dell'Irrigidimento Trasversale	2400	[mm]
Interasse longitudinale minimo piatti montante in appoggio	287	[mm]
Area minima Irrigidimento trasversale	1264	[mm ²]
Irrigidimento trasversale può essere considerato:	rigido	[-]

σ_E = Tensione critica euleriana del pannello d'anima	3.76	[MPa]
a/h_w	0.712	[-]
se $a/h_w \geq 1 = k_{\tau,1}$	13.23	[-]
se $a/h_w < 1 = k_{\tau,2}$	14.53	[-]
k_{τ} funzione del passo degli irrigidenti	14.53	[-]
Coefficiente η	1.2	[-]
Rapporto hw / t	224.6666667	[-]

Pannello soggetto ad Instabilità per taglio

Tensione tangenziale critica $\tau_{cr} = k_{\tau} \times \sigma_E$	54.69	[MPa]
Tensione di snervamento del pannello d'anima f_{yw}	355	[MPa]
Snellezza adimensionale λ_w	1.936	[-]
Coefficiente χ_w	0.520	[-]
Coefficiente sicurezza acciaio	1.05	[-]
$V_{bw,Rd}$ = Contributo Resistente dell'anima	5128	[kN]

Verifica rigidità irrigiditore trasversale - C4.2.52

hw = Altezza Anima	3370	[mm]
t =Spessore Anima	15	[mm]
a =Interasse longitudinale dell'Irrigidimento trasversale	2400	[mm]
t irr = Spessore Piatto irrigidimento	12	[mm]
b irr = Larghezza piatto irrigidimento	392	[mm]
a/h_w	0.712	[-]
I_{st_min}	33638162	[mm ⁴]
I_{st}	60236288	[mm ⁴]

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 68 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

CALCOLO Mfk - C4.2.49 (Momento Plastico Sez Classe 4)

Area superiore	71500	[mm ²]
Baricentro A. Sup.	1732.5	[mm]
Area inferiore	71500	[mm ²]
Baricentro A. Inf.	1732.5	[mm]
Baricentro Sezione	0	[mm]
Braccio Sup	1733	[mm]
Braccio Inf	-1733	[mm]
Tensione Snervamento	355	[MPa]
A sup * b sup * fyk	43975	[kNm]
A inf * b inf * fyk	-43975	[kNm]
Mfk	87950	[kNm]
Afi (inferiore)	71500	[mm ²]
Afs (superiore)	71500	[mm ²]
fy*(Afi + Afs)	50765	[kN]

ϵ	0.81	[-]
t profilo trave	15	[mm]
t irrigidimento	12	[mm]
tf = s Area minore x N	65	[mm]
bf	1599	[mm]
hw anima della trave	3370	[mm]
Interasse Irrig.	2400	[mm]
Costante 1	2397628483	[Nmm]
Costante 2	790	[mm]
Costante 1 / 2	3036	[kN]

Combinazioni	Ned	Ved	Med	Mf,red	Vbf,Rd	Vbw,Rd	V,Rd	t.d.l.
[-]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[%]
SLU 1	0.000	637	56294	83762	995	5128	6123	10.395%
SLU 2	0.000	-387	48099	83762	1292	5128	6420	6.032%
SLU 3	0.000	-387	48099	83762	1292	5128	6420	6.032%
SLU 4	0.000	-387	48323	83762	1284	5128	6412	6.037%
SLV_Z	0.000	119	39684	83762	1597	5128	6725	1.771%
Massimo tasso di lavoro - SLU 1				10.395%				[%]
Massimo coeff. Di sicurezza - SLU 1				9.620				[-]
La verifica d instabilità per taglio per il pannello d'appoggio risulta soddisfatta								

La verifica di instabilità per taglio per il pannello in mezzzeria risulta soddisfatta

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA
IV01

LOTTO
00

FASE-ENTE
D 09

DOCUMENTO
CLIV0109001

REV.
A

FOGLIO
69 di 104

10.2 TRAVI: Verifiche Stato Limite d'esercizio (SLE)

Per le verifiche allo stato limite d'esercizio si è fatto riferimento al **MdP**, in particolare al §2.6.2.2.3 del quale si riporta uno stralcio:

2.6.2.2.3 Stato limite di deformazione

Le deformazioni massime del cavalcavia devono risultare compatibili con la geometria della struttura in relazione alle esigenze del traffico, nonché ai vincoli ed ai dispositivi di giunto previsti in progetto.

Le strutture in acciaio, in C.A.P. e miste acciaio-calcestruzzo (ad eccezione delle strutture con travi in ferro incorporate nel cls) dovranno presentare una contromonta da determinare considerando per la totalità dei carichi permanenti e degli effetti lenti del cls, nonché per il 25% dei carichi accidentali dinamizzati.

In tutte le strutture, limitatamente agli elementi principali, si dovrà rispettare il seguente limite di deformazione sotto l'azione dei carichi accidentali di progetto incrementati dinamicamente nella combinazione caratteristica (rara) agli S.L.E.:

$$f \leq \frac{L}{700}$$

Dove:

L = luce di calcolo;

f = massima freccia verticale.

Per le strutture in C.A. la verifica sarà condotta considerando la struttura in primo stadio (non fessurato) senza considerare il contributo delle armature.

Si evidenzia che la verifica dell'altezza libera (par.1.1.3) dovrà essere eseguita considerando la deformazione del cavalcavia per effetto dell'azione dei carichi totali nella combinazione caratteristica (rara) agli S.L.E.

Si è anche rispettato il §2.6.2.8.2 del **Mdp** di cui si riporta uno stralcio:

- Si dovranno valutare le deformazioni elastiche dovute ai seguenti carichi:
 - Peso proprio della struttura metallica e della soletta d'impalcato (f_p);
 - Peso delle opere di finitura (f_f);
 - Carichi verticali da traffico (f_s);
 - Effetti del ritiro della soletta ed effetto viscoso (f_r).
- Dovrà essere assorbita da opportuna controfreccia di costruzione (c_f) la somma dei seguenti contributi: $c_f = f_p + f_f + f_r + 0.25 f_s \Phi$
- Tale controfreccia dovrà essere ottenuta di norma mediante sagomatura dell'anima all'atto del taglio delle lamiere o tramite spezzata realizzata in corrispondenza dei giunti tra conci. L'asse del giunto sarà disposto lungo il raggio dell'arco e l'apertura del varco tra i conci dovrà risultare costante lungo tutta l'altezza della trave.
- Dovrà inoltre risultare: $f_p \leq 1/300 L$

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	70 di 104

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 71 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

10.2.1 Sezione 2 (mezzeria): Calcolo Contromonta

Luce di calcolo	41.50	m
-----------------	-------	---

Carico / Fase considerati	p [kN/m]	Sez. [-]	f [mm]
G1_peso_proprio acciaio	30.92	1	12.248
G1_peso_Soletta	77.45	1	30.681
Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	0.00	1	0.000
G2 - Carichi Permanenti non portanti	20.50	1	8.123
25% dei Carichi da Traffico Caratteristici (CF1)	-	1	7.980
Σ frecce [mm]			59.032
Contromonta [mm]			65.000

10.2.2 Sezione 2 (mezzeria): Calcolo Frecce da G1 e Accidentali

Di seguito si riporta il calcolo delle frecce per la combinazione caratteristica o rara:

Carico / Fase considerati	Combinazione Caratteristica o Rara				
	p [kN/m]	Sez. [-]	f [mm]	coeff.comb [-]	f * coeff [mm]
[-]					
G1_peso_proprio acciaio	30.92	1	12.248	1	12.25
G1_peso_Soletta	77.45	1	30.681	1	30.68
Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	0.00	1	0.000	1	0.00
G2 - Carichi Permanenti non portanti	20.50	1	8.123	1	8.12
Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	0.00	1	0.000	0.6	0.00
Vento Carico	1.73	1	0.686	0.6	0.41
Carichi da Traffico Caratteristici (CF1)	-	1	31.92	1	31.92

Di seguito si riporta il calcolo delle frecce per i pesi permanenti strutturali G1 ed i carichi accidentali:

Σ frecce accidentali [mm]	32.33
L/700 [mm]	59.29
f ≤ L/700	OK
Σ frecce G1 [mm]	42.93
L/300 [mm]	138.33
f ≤ L/300	OK

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	72 di 104

10.3 TRAVI: Verifica per Instabilità della piattabanda superiore compressa

La verifica alla instabilità della piattabanda compressa è stata eseguita in conformità alle **NTC18**, in riferimento a quanto riportato nel § 4.2.4.1.3.1 per le “Aste Comprese”. Il calcolo richiede la definizione della lunghezza libera di inflessione dell’asta. A tale proposito la definizione di tale parametro è stata eseguita assimilando la piattabanda superiore ad una trave su suolo elastico soggetta ad uno sforzo normale costante (ipotesi a favore di sicurezza dal momento che lo sforzo normale risulta variabile). Il vincolo elastico è prodotto dagli irrigidimenti trasversali e dalla porzione di anima collaborante che riconducono le azioni orizzontali sul corrente al piano medio dell’impalcato. Sotto tale ipotesi il carico critico euleriano della piattabanda superiore assume la seguente espressione:

$$N_{crit}^n = \frac{n^2 \pi^2 EJ}{l^2} + \frac{Kl^2}{n^2 \pi^2}$$

Dove J è il momento d’inerzia della piattabanda nel piano orizzontale dell’impalcato, E il modulo dell’acciaio e K la costante di rigidezza del suolo elastico.

Ponendo la derivata prima nulla si ottiene il valore minimo di N_{crit} :

$$N_{crit} = 2(EJK)^{\frac{1}{2}}$$

Uguagliando la precedente al carico critico euleriano di un’asta semplicemente appoggiata e soggetta ad uno sforzo normale costante è possibile definire la lunghezza libera d’inflessione equivalente della piattabanda superiore, ossia:

$$l_0 = \pi \left(\frac{EJ}{4k} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Per la definizione del parametro K sono stati utilizzati i modelli locali di cui al §8.1.6 e al § 8.1.7 della presente costituito dal traverso e dagli irrigidimenti verticali con anima collaborante. Applicando alla sommità degli irrigidimenti una forza unitaria è stato definito il corrispondente spostamento δ , tramite il quale è stato stimato il parametro K, ossia:

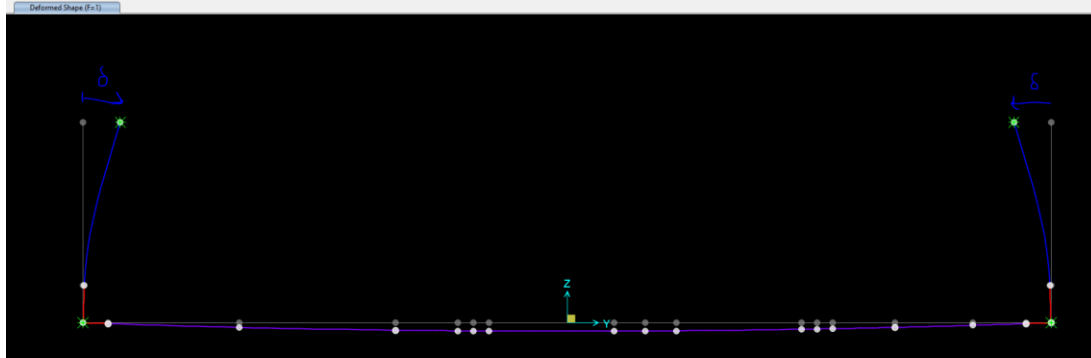
$$K = \frac{F}{\delta} \rightarrow k = \frac{K}{a}$$

Dove a corrisponde all’interasse degli irrigidimenti pari a 2400mm

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	73 di 104



Nota la lunghezza libera d'inflessione si è potuto calcolare il coefficiente d'instabilità (β) e quindi la resistenza di progetto all'instabilità, la quale è stata confrontata a favore di sicurezza, con la massima compressione agente sulla piattabanda superiore lungo il profilo longitudinale della trave.

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 74 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

10.3.1 Sezione 1 (appoggio) verifica instabilità piattabanda superiore

Di seguito si riportano i calcoli svolti:

Geometria e parametri meccanici

Ki	15763	[kN/m]	Rigidezza trasversale
E	210000	[Mpa]	Modulo Acciaio
L	41.50	[m]	Luce di calcolo
$f_{yk} =$	355	[Mpa]	Tensione di snervamento
$\gamma_m =$	1.1	[-]	Coeff. Di sicurezza

Sollecitazioni

σ_{s_min}	220	[Mpa]	Tensione di compressione
sp	55	[mm]	spessore ala superiore
B	1100	[mm]	larghezza ala superiore
A	60500	[mm ²]	area ala superiore
Ned	13310	[mm]	Compressione agente

Lunghezza libera d'inflessione L_0

i	2.40	[m]	interasse irrigidenti
K	6568	[kN/m/m]	Rigidezza al metro
$L_0 = \beta L$	8.30	[m]	L. libera inflessione
β	0.20	[-]	Coefficiente Beta

Verifica Instabilità Piattabanda compressa

J	610042	[cm ⁴]	Inerzia ala superiore
$L_0 = \beta L$	830	[cm]	L. libera inflessione
α	0.490	[-]	coeff. Curva instabilità
N_{cr}	183456	[kN]	Carico critico Euleriano
λ'	0.342	[-]	coefficiente instabilità
Φ	0.593	[-]	coefficiente instabilità
χ	0.928	[-]	coefficiente instabilità
$N_{b,Rd}$	18110	[kN]	Carico critico Euleriano
t.d.l.	73.50%	[%]	tasso di lavoro
c.d.s.	1.36	[-]	coeff. di sicurezza

Verifica Resistenza a compressione

$N_{u,Rd}$	20455	[kN]	Resistenza a compressione
t.d.l.	65.07%	[%]	tasso di lavoro
c.d.s.	1.54	[-]	coeff. di sicurezza

La verifica per instabilità della piattabanda superiore compressa in zona d'appoggio risulta soddisfatta.

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 75 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

10.3.2 Sezione 2 (mezzeria) verifica instabilità piattabanda superiore

Di seguito si riportano i calcoli svolti:

Geometria e parametri meccanici

Ki	7677	[kN/m]	Rigidezza trasversale
E	210000	[Mpa]	Modulo Acciaio
L	41.50	[m]	Luce di calcolo
$f_{yk} =$	355	[Mpa]	Tensione di snervamento
$\gamma_m =$	1.1	[-]	Coeff. Di sicurezza

Sollecitazioni

σ_{s_min}	220	[Mpa]	Tensione di compressione
sp	65	[mm]	spessore ala superiore
B	1100	[mm]	larghezza ala superiore
A	71500	[mm ²]	area ala superiore
Ned	15730	[mm]	Compressione agente

Lunghezza libera d'inflexione L_0

i	2.40	[m]	interasse irrigidenti
K	3199	[kN/m/m]	Rigidezza al metro
$L_0 = \beta L$	10.36	[m]	L. libera inflessione
β	0.25	[-]	Coefficiente Beta

Verifica Instabilità Piattabanda compressa

J	720958	[cm ⁴]	Inerzia ala superiore
$L_0 = \beta L$	1036	[cm]	L. libera inflessione
α	0.490	[-]	coeff. Curva instabilità
N_{cr}	139182	[kN]	Carico critico Euleriano
λ'	0.427	[-]	coefficiente instabilità
Φ	0.647	[-]	coefficiente instabilità
χ	0.883	[-]	coefficiente instabilità
$N_{b,Rd}$	20373	[kN]	Carico critico Euleriano
t.d.l.	77.21%	[%]	tasso di lavoro
c.d.s.	1.30	[-]	coeff. di sicurezza

Verifica Resistenza a compressione

$N_{u,Rd}$	24174	[kN]	Resistenza a compressione
t.d.l.	65.07%	[%]	tasso di lavoro
c.d.s.	1.54	[-]	coeff. di sicurezza

La verifica per instabilità della piattabanda superiore compressa in zona d'appoggio risulta soddisfatta.

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	76 di 104

10.4 TRAVI: Verifica a Fatica

Le verifiche a fatica per le travi principali sono state condotte nella sezione di mezzeria e nella sezione di cambio del concio (da Sezione 1 a Sezione 2). Per la verifica al cambio della sezione si è considerata la sezione 1 (appoggio). Per questo tipo di verifiche si è fatto riferimento alla **circ. NTC18** sia per quanto riguarda i carichi mobili da usare sia per i limiti di escursione tensionale da rispettare.

Per i carichi mobili si è usato il modello di carico di fatica 1 come riportato dallo stralcio delle **NTC18** in figura:

Modello di carico 1

Il modello di carico di fatica 1 è costituito dallo Schema di Carico 1 assumendo il 70% dei carichi concentrati ed il 30% di quelli distribuiti (vedi fig. 5.1.4), applicati in asse alle corsie convenzionali individuate secondo i criteri individuati al §5.1.3.3.5

Per verifiche locali si deve considerare, se più gravoso, il modello costituito dall'asse singolo dello schema di carico 2, isolato e con carico al 70% (vedi fig.5.1.4).

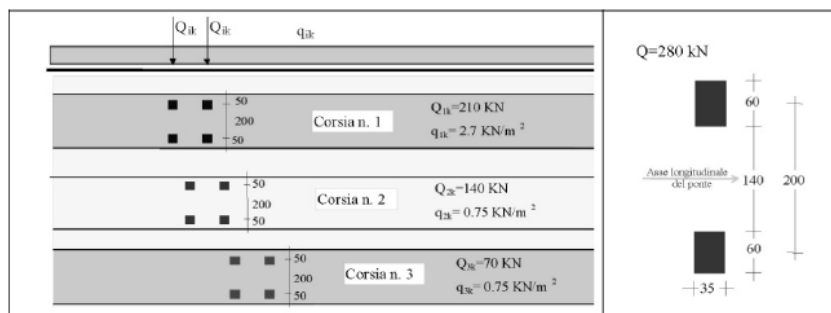


Fig. 5.1.4 - Modello di carico di fatica 1

La verifica è stata effettuata controllando l'escursione tensionale generata dal passaggio dei carichi mobili e dunque il $\Delta\sigma$ tra situazione iniziale ($G1+G2$) e situazione finale ($G1+G2+Mobili_fatica$) che coincide con le tensioni indotte dai carichi mobili per fatica.

Ponte stradale su Torrente Giustenice

 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 77 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

10.4.1 Sezione di cambio conci

Di seguito si riportano le sollecitazioni usate per la verifica:

SOLLECITAZIONI: Sfozo Assiale, Taglio e Momento	Carichi	Sezione / FASE	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
	G1_peso_proprio acciaio	1	-0.017	-186.809	6095.361
	G1_peso_Soletta	1	0.412	-465.053	15277.458
	Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	1	0.000	-	-
	Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	1	0.000	0.000	0.000
	G2 - Carichi Permanenti non portanti	1	-3.883	-123.482	4046.892
	Termica nella Soletta (Effetto primario)	1	0.000	0.000	-
	Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	1	0.000	0.000	0.000
	Carichi da Traffico Caratteristici (CF1 Fatica)	1	-15.065	-352.597	5746.262
	Carichi da Traffico Frequenti (CF1_FQ)	1	0.000	0.000	0.000
	Vento Carico	1	0.000	0.000	0.000
	Sisma Verticale	1	0.000	0.000	0.000

Di seguito si riporta il calcolo delle tensioni indotte dalle sollecitazioni:

Carichi	$\sigma = N/A \pm M/W$ [Mpa] - Calcolata ai punti di controllo				$\tau = V/A_t$ [Mpa]
	D	E	F	G	Anima
G1_peso_proprio acciaio	-27.601	-26.776	24.294	25.119	-3.048
G1_peso_Soletta	-69.175	-67.108	60.895	62.963	-7.588
Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G2 - Carichi Permanenti non portanti	-18.354	-17.806	16.101	16.649	-2.015
Termica nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Carichi da Traffico Caratteristici (CF1 Fatica)	-26.131	-25.354	22.792	23.569	-5.753
Carichi da Traffico Frequenti (CF1_FQ)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vento Carico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sisma Verticale	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

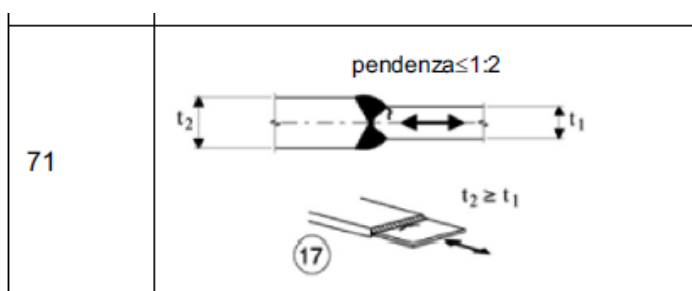
COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 78 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

Di seguito si riporta l'escursione tensionale massima:

Combinazioni SLU e SLV	σ [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ [Mpa]
	D	E	F	G
G1+G2	-115.129	113.818	103.633	104.731
G1+G2+Mobili_KK	-141.261	140.701	128.111	128.300
$\Delta\sigma$	26.131	26.883	24.478	23.569

Massima escursione $\Delta\sigma$	26.883	[Mpa]
-----------------------------------	--------	---------

Di seguito si riporta il limite tensionale considerato per la seguente verifica:



<p>17) Saldature trasversali a piena penetrazione tra elementi di spessore differente con assi allineati</p> <p>Per spessori $t_1 > 25$ mm si deve adottare una classe ridotta del coefficiente</p> $k_s = (25/t_1)^{0,2}$	<p>Nel caso di disassamento la classe deve essere ridotta con il coefficiente</p> $k_{se} = \left(1 + \frac{6e}{t_1} \cdot \frac{t_1^{1,5}}{t_1^{1,5} + t_2^{1,5}} \right)^{-1}$ <p>da combinare, eventualmente, con k_s, quando $t_1 > 25$ mm</p>
--	--

Il coefficiente k_s è stato calcolato con la seguente formula:

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 79 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

C4.2.4.1.4.6 Influenza dello spessore

Nella valutazione della resistenza a fatica dovrà tenersi conto dello spessore del metallo base nel quale può innescarsi una potenziale lesione.

Nel caso che l'influenza dello spessore sulla resistenza a fatica non sia trascurabile, la classe del dettaglio deve essere ridotta secondo la formula

$$\Delta\sigma_{C,red} = k_s \cdot \Delta\sigma_C \quad [C4.2.100]$$

dove il coefficiente riduttivo k_s dipende dal dettaglio strutturale considerato ed i cui valori indicativi sono indicati, per alcuni dettagli costruttivi, nel documento UNI EN 1993-1-9.

Infine si riporta la verifica tensionale a fatica:

TENSIONE LIMITE A FATICA

$\Delta\sigma_C$	71.00	[MPa]
spessore _{ali appoggio}	55.00	[mm]
spessore _{ali mezzeria}	65.00	[mm]
k_s	0.85	[-]
$\Delta\sigma_{C,red}$	60.642	[MPa]
$\Delta\sigma_D$	44.693	[MPa]
$\Delta\sigma_{max}$	26.88	[MPa]
γ_{Mf}	1.35	[-]
$\gamma_{Mf} * \Delta\sigma_{max}$	36.29	[MPa]

$$\gamma_{Mf} * \Delta\sigma_{max} \leq \Delta\sigma_D$$

La verifica a fatica risulta soddisfatta

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 80 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

10.4.2 Sezione 2 (Mezzeria)

Di seguito si riportano le sollecitazioni usate per la verifica:

SOLLECITAZIONI: Sfozo Assiale, Taglio e Momento	Carichi	Sezione / FASE	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
	G1_peso_proprio acciaio	1	-0.023	0.000	6655.779
	G1_peso_Soletta	1	0.546	-0.010	16672.843
	Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	1	0.000	-	-
	Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	1	0.000	0.000	0.000
	G2 - Carichi Permanenti non portanti	1	-5.406	0.124	4414.207
	Termica nella Soletta (Effetto primario)	1	0.000	0.000	-
	Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	1	0.000	0.000	0.000
	Carichi da Traffico Caratteristici (CF1)	1	-23.685	259.323	6267.222
	Carichi da Traffico Frequenti (CF1_FQ)	1	0.000	0.000	0.000
	Vento Carico	1	0.000	0.000	0.000
	Sisma Verticale	1	0.000	0.000	0.000

Di seguito si riporta il calcolo delle tensioni indotte dalle sollecitazioni:

Carichi	$\sigma = N/A \pm M/W$ [Mpa] - Calcolata ai punti di controllo				$\tau = V/A_t$ [Mpa]
	D	E	F	G	Anima
G1_peso_proprio acciaio	-26.352	-25.420	23.326	24.258	0.000
G1_peso_Soletta	-66.007	-63.673	58.436	60.770	0.000
Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G2 - Carichi Permanenti non portanti	-17.512	-16.894	15.435	16.053	0.002
Termica nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Carichi da Traffico Caratteristici (CF1)	-24.968	-24.090	21.810	22.687	5.085
Carichi da Traffico Frequenti (CF1_FQ)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vento Carico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sisma Verticale	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

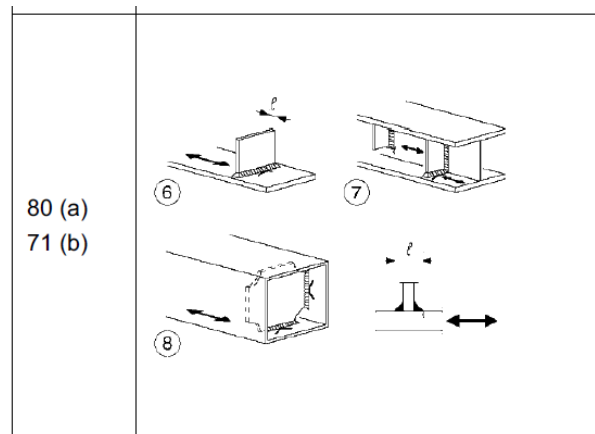
COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 81 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

Di seguito si riporta l'escursione tensionale massima:

Combinazioni SLU e SLV	σ [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ [Mpa]
	D	E	F	G
G1+G2	-109.871	105.986	97.197	101.081
G1+G2+Mobili_KK	-134.839	130.375	119.332	123.768
$\Delta\sigma$	24.968	24.388	22.135	22.687

Massima escursione $\Delta\sigma$	24.968	[Mpa]
-----------------------------------	--------	---------

Di seguito si riporta il limite tensionale considerato per la seguente verifica:



<p>Attacchi trasversali</p> <p>6) Saldati a una piastra</p> <p>7) Nervature verticali saldate a un profilo o a una trave composta</p> <p>8) Diagrammi di travi a cassone composte, saldati all'anima o alla piattabanda</p> <p>(a) $l \leq 50$ mm</p> <p>(b) $50 < l \leq 80$ 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, $\Delta\sigma$ deve essere calcolato usando le tensioni principali</p>
--	---

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 82 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

Infine si riporta la verifica tensionale a fatica:

TENSIONE LIMITE A FATICA

$\Delta\sigma_C$	80.00	[MPa]
$\Delta\sigma_D$	58.96	[MPa]
$\Delta\sigma_{max}$	24.97	[MPa]
γ_{Mf}	1.35	[-]
$\gamma_{Mf} * \Delta\sigma_{max}$	33.71	[MPa]
$\gamma_{Mf} * \Delta\sigma_{max} \leq \Delta\sigma_D$ <p>La verifica a fatica risulta soddisfatta</p>		

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	83 di 104

11. VERIFICHE TRAVERSI

Le verifiche sono state condotte per tutte le combinazioni di normativa, tuttavia si riportano di seguito le tensioni relative alle condizioni di carico più gravose. Nelle verifiche sono state assunte, convenzionalmente, come negative le tensioni di compressione e positive le tensioni di trazione. Le unità di misura utilizzate per le tensioni sono i N/mm² (MPa). I moduli di resistenza utilizzati per effettuare le verifiche sono quelli riportati nel §7.2.

Ai fini delle verifiche è stato considerato nel calcolo solo il quantitativo di armatura presente all'interno della larghezza collaborante dei traversi d'acciaio.

Per calcolare correttamente lo stato tensionale della soletta e delle armature, in presenza di stati di coazione interni (ritiro, termica differenziale), oltre alle sollecitazioni globali lette dal modello di calcolo agli elementi finiti, è necessario tenere in conto lo sforzo normale interno che ha prodotto la coazione (Effetti Primari).

Soletta:

$$\sigma = \left[\left(\frac{N}{A} + \frac{M}{W} \right)_{GLOBALE} + \left(\frac{N^*}{A^*} \right)_{COAZIONE} \right] \frac{1}{n_{om}}$$

dove A e W cambiano valore in funzione del coefficiente di omogeneizzazione (T_o / T_{oo}), ed A* rappresenta l'area omogeneizzata della soletta.

Armature:

$$\sigma = \left[\left(\frac{N}{A} + \frac{M}{W} \right)_{GLOBALE} + \left(\frac{N^*}{A^*} \right)_{COAZIONE} \right]$$

dove A e W cambiano valore in funzione del coefficiente di omogeneizzazione (T_o / T_{oo}), ed A* rappresenta l'area omogeneizzata della soletta (se presente) e delle armature in essa incluse.

Ponte stradale su Torrente Giustenice

 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 84 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

11.1 TRAVERSI: Verifiche Stato Limite Ultimo (SLU) e Salvaguardia della Vita (SLV)

11.1.1 Sezione d'appoggio : Verifica Presso/Tenso - Flessionale

Si riassumono, di seguito, le relazioni utilizzate per il passaggio dallo stato di sollecitazione a quello tensionale per le travi d'acciaio:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W}, \quad \tau = T : A_v, \quad \sigma_{id} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni agenti nella sezione d'appoggio:

SOLLECITAZIONI: Sfozo Assiale, Taglio e Momento	Carichi	Sezione / FASE	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
	G1_peso_proprio acciaio	1	0.009	18.967	7.601
	G1_peso_Soletta	1	6.375	93.009	27.878
	Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	1	792.922	0.000	0.000
	Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	1	-792.922	0.000	214.089
	G2 - Carichi Permanenti non portanti	1	-0.060	24.723	9.969
	Termica nella Soletta (Effetto primario)	1	-872.562	0.000	0.000
	Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	1	872.562	0.000	-139.610
	Carichi da Traffico Caratteristici (CF2)	1	0.000	-304.652	-574.055
	Carichi da Traffico Frequenti (CF2_FQ)	1	0.000	-213.997	-408.149
	Vento Carico	1	-121.128	25.295	-220.289
	Sisma Verticale	1	2.606	47.872	3.766

Si riportano le tensioni calcolate a partire dalle sollecitazioni:

Carichi	$\sigma = N/A \pm M/W$ [Mpa] - Calcolata ai punti di controllo				$\tau = V/A_t$ [Mpa]
	D	E	F	G	Anima
G1_peso_proprio acciaio	-1.333	-1.200	1.200	1.333	2.266
G1_peso_Soletta	-4.654	-4.165	4.637	5.126	11.112
Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	-66.918	-63.163	4.428	8.183	0.000
G2 - Carichi Permanenti non portanti	-1.751	-1.576	1.571	1.746	2.954
Termica nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	56.804	54.356	10.279	7.830	0.000
Carichi da Traffico Caratteristici (CF2)	100.687	90.619	-90.619	-100.687	-36.398
Carichi da Traffico Frequenti (CF2_FQ)	71.588	64.429	-64.429	-71.588	-25.567
Vento Carico	34.152	30.288	-39.260	-43.124	3.022
Sisma Verticale	-0.564	-0.498	0.691	0.757	5.719

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 85 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

Si riportano le tensioni ideali da combinazioni allo SLU e SLV come da § 6.2:

Combinazioni SLU e SLV	σ [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ [Mpa]
	D	E	F	G
SLU1	207.080	193.401	144.262	-156.353
SLU2	167.796	154.396	104.081	-117.069
SLU3	201.879	186.862	97.993	-112.371
SLU4	188.287	172.215	127.046	-142.943
SLV_Z	40.238	45.697	26.048	-7.260

Infine si riportano i tassi di lavoro definiti come rapporto tra sollecitazione su resistenza ai diversi punti di controllo per le precedenti combinazioni:

Combinazioni SLU e SLV	t.d.l. %	t.d.l. %	t.d.l. %	t.d.l. %
	D	E	F	G
SLU1	61.249%	57.203%	42.669%	46.245%
SLU2	49.630%	45.666%	30.784%	34.626%
SLU3	59.711%	55.269%	28.984%	33.236%
SLU4	55.691%	50.937%	37.577%	42.279%
SLV_Z	11.901%	13.516%	7.704%	2.147%

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 86 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

11.1.2 Sezione d'appoggio : Verifica a taglio

Per la verifica a taglio del profilo d'acciaio, poiché in classe 1 si è fatto riferimento al §4.2.4.1.2.4 delle NTC18. Di seguito si riporta la verifica svolta:

VERIFICA A TAGLIO (PROFILO D'ACCIAIO)

4.2.4.1.2.4 Taglio

Il valore di progetto dell'azione tagliente V_{Ed} deve rispettare la condizione

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad [4.2.16]$$

dove la resistenza di progetto a taglio $V_{c,Rd}$ in assenza di torsione, vale

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \quad [4.2.17]$$

Area di Taglio A_v	8370	[mm ²]
Tensione di Snervamento f_{yk}	355	[N/mm ²]
γ_{M0}	1.05	[-]
$V_{c,Rd}$	1634	[kN]

COMB.	V_{ed}	t.d.l.	c.d.s.
[-]	[kN]	[-]	[-]
SLU 1	622.2978	38.089%	2.625
SLU 2	499.91355	30.598%	3.268
SLU 3	499.91355	30.598%	3.268
SLU 4	515.09055	31.527%	3.172
SLV_Z	245.5014	15.026%	6.655

Max tasso di lavoro - SLU 1	38%	[-]
Max coeff. di sicurezza - SLU 1	2.625	[-]

La verifica a taglio risulta soddisfatta

Ponte stradale su Torrente Giustenice

 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 87 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

11.1.3 Sezione d'appoggio : Verifica Presso/Tenso – Flessionale – Comb. Eccezionale

Si riassumono, di seguito, le relazioni utilizzate per il passaggio dallo stato di sollecitazione a quello tensionale per le travi d'acciaio:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W}, \quad \tau = T : A_t, \quad \sigma_{id} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni agenti nella sezione d'appoggio per la combinazione Eccezionale con l'urto su sicurvia:

SOLLECITAZIONI: Sfozo Assiale, Taglio e Momento	Carichi	Sezione / FASE	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
	G1_peso_proprio acciaio	1	0.009	18.967	7.601
	G1_peso_Soletta	1	6.375	93.009	27.878
	Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	1	792.922	0.000	0.000
	Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	1	-792.922	0.000	214.089
	G2 - Carichi Permanenti non portanti	1	-0.060	24.723	9.969
	Termica nella Soletta (Effetto primario)	1	-872.562	0.000	0.000
	Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	1	872.562	0.000	-139.610
	Carichi da Traffico Caratteristici (URTO)	1	-119.859	-286.192	-610.541
	Carichi da Traffico Frequenti	1	0.000	0.000	0.000
	Vento Carico	1	-121.128	25.295	-220.289
	Sisma Verticale	1	2.606	47.872	3.766

Si riportano le tensioni calcolate a partire dalle sollecitazioni:

Carichi	$\sigma = N/A \pm M/W$ [Mpa] - Calcolata ai punti di controllo				$\tau = V/A_t$ [Mpa]
	D	E	F	G	Anima
G1_peso_proprio acciaio	-1.333	-1.200	1.200	1.333	2.266
G1_peso_Soletta	-4.654	-4.165	4.637	5.126	11.112
Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	-66.918	-63.163	4.428	8.183	0.000
G2 - Carichi Permanenti non portanti	-1.751	-1.576	1.571	1.746	2.954
Termica nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	56.804	54.356	10.279	7.830	0.000
Carichi da Traffico Caratteristici (URTO)	102.648	91.939	-100.817	-111.526	-34.193
Carichi da Traffico Frequenti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vento Carico	34.152	30.288	-39.260	-43.124	3.022
Sisma Verticale	-0.564	-0.498	0.691	0.757	5.719

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 88 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

Si riportano le tensioni ideali da combinazioni allo SLU ECCEZIONALE come da § 6.2:

Combinazioni SLU e SLV	σ [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ [Mpa]
	D	E	F	G
ECC_URTO	127.866	121.629	132.374	-139.221

Infine si riportano i tassi di lavoro definiti come rapporto tra sollecitazione su resistenza ai diversi punti di controllo per le precedenti combinazioni:

Combinazioni SLU e SLV	t.d.l. %	t.d.l. %	t.d.l. %	t.d.l. %
	D	E	F	G
ECC_URTO	37.820%	35.975%	39.153%	41.178%

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 89 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

11.1.4 Sezione d'appoggio : Verifica a taglio – Comb. Eccezionale

Per la verifica a taglio del profilo d'acciaio, poiché in classe 1 si è fatto riferimento al §4.2.4.1.2.4 delle NTC18. Di seguito si riporta la verifica svolta:

VERIFICA A TAGLIO (PROFILO D'ACCIAIO)

4.1.2.4 Taglio

Il valore di progetto dell'azione tagliante V_{Ed} deve rispettare la condizione

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad [4.2.16]$$

e la resistenza di progetto a taglio $V_{c,Rd}$ in assenza di torsione, vale

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \quad [4.2.17]$$

Area di Taglio A_v	8370	[mm ²]
Tensione di Snervamento f_{yk}	355	[N/mm ²]
γ_{M0}	1.05	[-]
V_{Crd}	1634	[kN]

COMB.	V_{ed}	t.d.l.	c.d.s.
[-]	[kN]	[-]	[-]
ECC_URTO	574.6113	35.170%	2.843
Max tasso di lavoro - ECC_URTO		35%	[-]
Max coeff. di sicurezza - ECC_URTO		2.843	[-]

La verifica a taglio risulta soddisfatta

Ponte stradale su Torrente Giustenice

 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 90 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

11.1.5 Sezione in mezzeria : Verifica Presso/Tenso - Flessionale

Si riassumono, di seguito, le relazioni utilizzate per il passaggio dallo stato di sollecitazione a quello tensionale per le travi d'acciaio:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W}, \quad \tau = T : A_t, \quad \sigma_{id} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni agenti nella sezione di mezzeria:

SOLLECITAZIONI: Sfozo Assiale, Taglio e Momento	Carichi	Sezione / FASE	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
	G1_peso_proprio acciaio	1	0.000	0.000	73.182
G1_peso_Soletta	1	0.000	0.000	315.328	
Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	4	792.922	-	-	
Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	4	-792.922	0.000	214.089	
G2 - Carichi Permanenti non portanti	2	0.000	-2.105	102.105	
Termica nella Soletta (Effetto primario)	3	872.562	0.000	-	
Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	3	-872.562	0.000	149.775	
Carichi da Traffico Caratteristici (CF2)	3	0.000	-65.242	1702.004	
Carichi da Traffico Frequenti (CF2)	3	0.000	-46.306	1215.244	
Vento Carico	3	0.000	0.000	0.895	
Sisma Verticale	3	0.000	2.652	220.205	

Si riportano le tensioni calcolate a partire dalle sollecitazioni:

Carichi	$\sigma = N/A \pm M/W$ [Mpa] - Calcolata ai punti di controllo								$\tau = V/A_t$ [Mpa]
	A	B	C	D	E	F	G	H	Anima
G1_peso_proprio acciaio	0.000	0.000	0.000	-12.051	-11.013	7.663	8.700	9.392	9.392
G1_peso_Soletta	0.000	0.000	0.000	-51.925	-47.454	33.017	37.488	40.468	40.468
Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	1.946	30.280	1.946	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	-2.085	-27.096	-1.260	-17.475	-16.193	6.897	8.179	9.034	9.034
G2 - Carichi Permanenti non portanti	-0.561	-6.529	-0.178	-1.866	-1.244	9.949	10.571	10.986	10.986
Termica nella Soletta (Effetto primario)	2.305	13.981	2.305	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	-2.481	-12.923	-1.641	-9.100	-8.591	0.583	1.093	1.433	1.433
Carichi da Traffico Caratteristici (CF2)	-10.875	-41.826	-1.326	1.612	7.404	111.655	117.447	121.308	121.308
Carichi da Traffico Frequenti (CF2)	-7.765	-29.864	-0.947	1.151	5.286	79.723	83.858	86.615	86.615
Vento Carico	-0.006	-0.022	-0.001	0.001	0.004	0.059	0.062	0.064	0.064
Sisma Verticale	-1.407	-5.411	-0.172	0.209	0.958	14.446	15.195	15.695	15.695

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	91 di 104

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 92 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

Si riportano le tensioni ideali da combinazioni allo SLU e SLV come da § 6.2:

Combinazioni SLU e SLV	σ [Mpa]	σ [Mpa]	σ [Mpa]	σ [Mpa]	σ ideale [Mpa]	σ ideale [Mpa]	σ [Mpa]	σ [Mpa]
	A	B	C	D	E	F	G	H
SLU1	-15.853	-61.506	-0.637	-116.149	99.763	230.206	248.337	259.744
SLU2	-11.654	-45.358	-0.125	-116.771	101.731	186.816	202.730	212.908
SLU3	-11.759	-44.723	0.273	-122.232	106.841	187.165	203.384	213.768
SLU4	-11.657	-45.371	-0.126	-116.771	101.729	186.851	202.767	212.947
SLV_Z	-4.231	-19.777	-0.283	-69.860	61.622	87.736	96.025	101.519

Infine si riportano i tassi di lavoro definiti come rapporto tra sollecitazione su resistenza ai diversi punti di controllo per le precedenti combinazioni:

Combinazioni SLU e SLV	t.d.l. %	t.d.l. %	t.d.l. %	t.d.l. %	t.d.l. %	t.d.l. %	t.d.l. %	t.d.l. %
	A	B	C	D	E	F	G	H
SLU1	74.901%	15.718%	3.011%	34.354%	29.507%	68.089%	73.452%	76.826%
SLU2	55.062%	11.591%	0.593%	34.538%	30.089%	55.256%	59.962%	62.973%
SLU3	55.560%	11.429%	1.291%	36.153%	31.601%	55.359%	60.156%	63.227%
SLU4	55.078%	11.595%	0.595%	34.538%	30.089%	55.266%	59.973%	62.984%
SLV_Z	19.989%	5.054%	1.336%	20.663%	18.226%	25.950%	28.402%	30.027%

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore

L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 93 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

11.1.6 Sezione di mezzeria : Verifica a taglio

Per la verifica a taglio del profilo d'acciaio, poiché in classe 1 si è fatto riferimento al §4.2.4.1.2.4 delle NTC18. Di seguito si riporta la verifica svolta:

VERIFICA A TAGLIO (PROFILO D'ACCIAIO)

4.2.4.1.2.4 Taglio

Il valore di progetto dell'azione tagliante V_{Ed} deve rispettare la condizione

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad [4.2.16]$$

dove la resistenza di progetto a taglio $V_{c,Rd}$ in assenza di torsione, vale

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \quad [4.2.17]$$

Area di Taglio A_v	8370	[mm ²]
Tensione di Snervamento f_{yk}	355	[N/mm ²]
γ_{M0}	1.05	[-]
$V_{c,Rd}$	1634	[kN]

COMB.	V_{ed}	t.d.l.	c.d.s.
[-]	[kN]	[-]	[-]
SLU 1	91	5.584%	17.908
SLU 2	66	4.019%	24.879
SLU 3	66	4.019%	24.879
SLU 4	66	4.019%	24.879
SLV_Z	18	1.090%	91.760

Max tasso di lavoro - SLU 1	6%	[-]
Max coeff. di sicurezza - SLU 1	17.908	[-]

La verifica a taglio risulta soddisfatta

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	94 di 104

11.2 TRAVERSI: Verifiche Stato Limite d'esercizio (SLE)

Per le verifiche allo stato limite d'esercizio si è fatto riferimento al **MdP**, in particolare al §2.6.2.2.3 del quale si riporta uno stralcio:

2.6.2.2.3 Stato limite di deformazione

Le deformazioni massime del cavalcavia devono risultare compatibili con la geometria della struttura in relazione alle esigenze del traffico, nonché ai vincoli ed ai dispositivi di giunto previsti in progetto.

Le strutture in acciaio, in C.A.P. e miste acciaio-calcestruzzo (ad eccezione delle strutture con travi in ferro incorporate nel cls) dovranno presentare una contromonta da determinare considerando per la totalità dei carichi permanenti e degli effetti lenti del cls, nonché per il 25% dei carichi accidentali dinamizzati.

Si è anche rispettato il §2.6.2.8.2 del **MdP** di cui si riporta uno stralcio:

- Si dovranno valutare le deformazioni elastiche dovute ai seguenti carichi:
 - Peso proprio della struttura metallica e della soletta d'impalcato (f_p);
 - Peso delle opere di finitura (f_f);
 - Carichi verticali da traffico (f_s);
 - Effetti del ritiro della soletta ed effetto viscoso (f_r).
- Dovrà essere assorbita da opportuna controfrecchia di costruzione (c_f) la somma dei seguenti contributi: $c_f = f_p + f_f + f_r + 0.25 f_s \Phi$
- Tale controfrecchia dovrà essere ottenuta di norma mediante sagomatura dell'anima all'atto del taglio delle lamiera o tramite spezzata realizzata in corrispondenza dei giunti tra conci. L'asse del giunto sarà disposto lungo il raggio dell'arco e l'apertura del varco tra i conci dovrà risultare costante lungo tutta l'altezza della trave.
- Dovrà inoltre risultare: $f_p \leq 1/300 L$

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 95 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

11.2.1 Sezione di mezzeria: Calcolo Contromonta

Luce	15.50	m
------	-------	---

	p [kN/m]	Sez. [-]	f [mm]
Carico / Fase considerati			
G1_peso_proprio acciaio	2.44	1	4
G1_peso_Soletta	10.50	1	18
Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	7.13	5	5
G2 - Carichi Permanenti non portanti	3.40	6	2
25% dei Carichi da Traffico Caratteristici (CF2)	-	4	7.17
Σ frecce [mm]			36.62
Contromonta [mm]			40.00

11.2.2 Sezione di mezzeria: Calcolo Frecce da G1

Di seguito si riporta il calcolo delle frecce per la combinazione caratteristica o rara:

Carico / Fase considerati	Combinazione Caratteristica o Rara				
	p [kN/m]	Sez. [-]	f [mm]	coeff.comb [-]	f * coeff [mm]
G1_peso_proprio acciaio	2.44	1	4	1	4.12
G1_peso_Soletta	10.50	1	18	1	17.76
Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	7.13	5	5	1	5.10
G2 - Carichi Permanenti non portanti	3.40	6	2	1	2.47
Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	4.99	4	2	0.6	1.21
Vento Carico	0.03	4	0	0.6	0.01
Carichi da Traffico Caratteristici (CF2)	-	4	22.40	1	22.40

Di seguito si riporta il calcolo delle frecce per i pesi permanenti strutturali G1

Σ frecce G1 [mm]	21.88
L/300 [mm]	51.67
f ≤ L/300	OK

Ponte stradale su Torrente Giustenice

Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09	CLIV0109001	A	96 di 104

11.3 TRAVERSI: Verifica a Fatica

Le verifiche a fatica per i traversi sono state condotte nella sezione di mezzeria e nella sezione ad 1.10 m di distanza dall'attacco con la trave (sezione indebolita dai fori per l'unione bullonata con il "moncherino" della trave principale). Per questo tipo di verifiche si è fatto riferimento alla **circ. NTC18** sia per quanto riguarda i carichi mobili da usare sia per i limiti di escursione tensionale da rispettare.

Per i carichi mobili si è usato il modello di carico di fatica 1 come riportato dallo stralcio delle **NTC18** in figura:

Modello di carico 1

Il modello di carico di fatica 1 è costituito dallo Schema di Carico 1 assumendo il 70% dei carichi concentrati ed il 30% di quelli distribuiti (vedi fig. 5.1.4), applicati in asse alle corsie convenzionali individuate secondo i criteri individuati al §5.1.3.3.5

Per verifiche locali si deve considerare, se più gravoso, il modello costituito dall'asse singolo dello schema di carico 2, isolato e con carico al 70% (vedi fig.5.1.4).

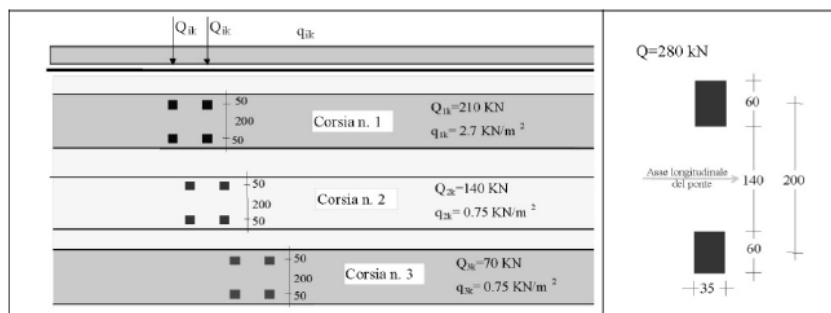


Fig. 5.1.4 - Modello di carico di fatica 1

La verifica è stata effettuata controllando l'escursione tensionale generata dal passaggio dei carichi mobili e dunque il $\Delta\sigma$ tra situazione iniziale ($G1+G2$) e situazione finale ($G1+G2+Mobili_fatica$) che coincide con le tensioni indotte dai carichi mobili per fatica.

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 97 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

11.3.1 Sezione indebolita

11.3.1.1 Sezione indebolita: caratteristiche meccaniche

Traverso HEB600	H	600	mm	Altezza totale trave in acciaio
	B _{sup}	300	mm	Larghezza piattabanda superiore trave in acciaio
	t _{sup}	30	mm	Spessore piattabanda superiore trave in acciaio
	t _a	15.5	mm	Spessore anima trave in acciaio
	B _{inf}	300	mm	Larghezza piattabanda inferiore trave in acciaio
	t _{inf}	30	mm	Spessore piattabanda inferiore trave in acciaio

Poiché la sezione è indebolita dai fori dei bulloni si deve calcolare l'Area netta , l'Inerzia netta ed i moduli dipendenti da quest'ultima.

Tipo sez. / FASI	Descrizione	n	Area	h _{baricentro}	I3	At
		-	mm ²	mm	mm ⁴	mm ²
1	Traverso in acciaio	-	23795	300	1 499 582 248	7835

WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG
mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³	mm ³
			-4 998 607	-5 554 008	5 554 008	4 998 607

Ponte stradale su Torrente Giustenice
 Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
 L=41.5m

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 98 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

11.3.1.2 Sezione indebolita: Verifica a fatica

Di seguito si riportano le sollecitazioni usate per la verifica:

SOLLECITAZIONI: Sfozo Assiale, Taglio e Momento	Carichi	Sezione / FASE	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
	G1_peso_proprio acciaio	1	-0.001	16.937	20.156
	G1_peso_Soletta	1	-7.576	72.795	98.985
	Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	1	-792.922	0.000	0.000
	Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	1	792.922	0.000	-214.089
	G2 - Carichi Permanenti non portanti	1	2.058	20.766	30.252
	Termica nella Soletta (Effetto primario)	1	-872.562	0.000	0.000
	Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	1	872.562	0.000	-139.610
	Carichi da Traffico Caratteristici (CF2)	1	0.000	-201.700	-160.500
	Carichi da Traffico Frequenti (CF2_FQ)	1	0.000	-145.210	-118.000
	Vento Carico	1	-124.319	26.563	-203.741
	Sisma Verticale	1	0.000	0.000	0.000

Di seguito si riporta il calcolo delle tensioni indotte dalle sollecitazioni:

Carichi	$\sigma = N/A \pm M/W$ [Mpa] - Calcolata ai punti di controllo				$\tau = V/A_t$ [Mpa]
	D	E	F	G	Anima
G1_peso_proprio acciaio	-4.032	-3.629	3.629	4.032	2.162
G1_peso_Soletta	-20.121	-18.141	17.504	19.484	9.291
Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	76.152	71.869	-5.224	-9.507	0.000
G2 - Carichi Permanenti non portanti	-5.966	-5.360	5.533	6.139	2.650
Termica nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	64.599	61.806	11.533	8.740	0.000
Carichi da Traffico Caratteristici (CF2)	32.109	28.898	-28.898	-32.109	-25.743
Carichi da Traffico Frequenti (CF2_FQ)	23.607	21.246	-21.246	-23.607	-18.533
Vento Carico	35.535	31.459	-41.908	-45.984	3.390
Sisma Verticale	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

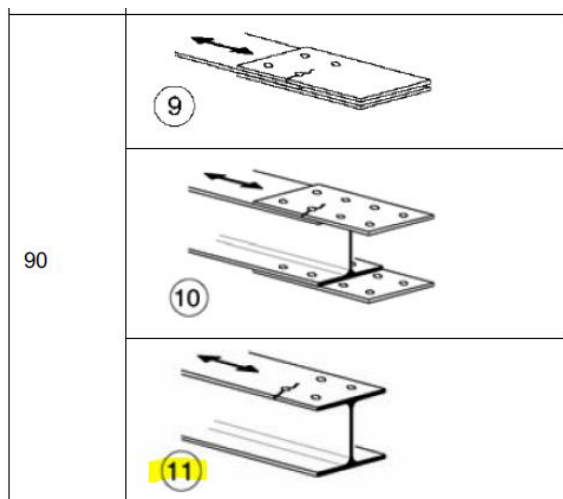
COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 99 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	---------------------

Di seguito si riporta l'escursione tensionale massima:

Combinazioni SLU e SLV	σ [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ [Mpa]
	D	E	F	G
G1+G2	-30.119	36.506	36.163	29.655
G1+G2+Mobili_KK	1.990	20.238	20.284	-2.454
$\Delta\sigma$	28.129	16.268	15.879	27.201

Massima escursione $\Delta\sigma$	28.129	[Mpa]
-----------------------------------	--------	---------

Di seguito si riporta il limite tensionale considerato per la seguente verifica:



9) Giunti bullonati con coprigiunti doppi e bulloni calibrati o bulloni non precaricati iniettati	$\Delta\sigma$ riferiti alla sezione netta
10) Giunti bullonati con coprigiunti singoli e bulloni AR precaricati o bulloni precaricati iniettati	$\Delta\sigma$ riferiti alla sezione lorda
11) Elementi strutturali forati soggetti a forza normale e momento flettente	$\Delta\sigma$ riferiti alla sezione netta

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 100 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	----------------------

Infine si riporta la verifica tensionale a fatica:

TENSIONE LIMITE A FATICA

$\Delta\sigma_C$	90.00	[MPa]
$\Delta\sigma_D$	66.33	[MPa]
$\Delta\sigma_{max}$	28.13	[MPa]
γ_{Mf}	1.35	[-]
$\gamma_{Mf} * \Delta\sigma_{max}$	37.97	[MPa]
$\gamma_{Mf} * \Delta\sigma_{max} \leq \Delta\sigma_D$ <p>La verifica a fatica risulta soddisfatta</p>		

11.3.2 Sezione di mezzeria: Verifica a fatica

Di seguito si riportano le sollecitazioni usate per la verifica:

SOLLECITAZIONI: Sfozo Assiale, Taglio e Momento	Carichi	Sezione / FASE	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
	G1_peso_proprio acciaio	1	0.000	0.000	73.182
	G1_peso_Soletta	1	0.000	0.000	315.328
	Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	1	792.922	-	-
	Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	1	-792.922	0.000	214.089
	G2 - Carichi Permanenti non portanti	1	0.000	-2.105	102.105
	Termica nella Soletta (Effetto primario)	1	872.562	0.000	-
	Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	1	-872.562	0.000	149.775
	Carichi da Traffico Caratteristici (CF2)	1	0.000	35.000	760.000
	Carichi da Traffico Frequenti (CF2)	1	0.000	0.000	0.000
	Vento Carico	1	0.000	0.000	0.895
	Sisma Verticale	1	0.000	2.652	220.205

Di seguito si riporta il calcolo delle tensioni indotte dalle sollecitazioni:

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO
IVOI 00 D 09 CLIV0109001 A 101 di 104

Carichi	$\sigma = N/A \pm M/W$ [Mpa] - Calcolata ai punti di controllo					$\tau = V/A_t$ [Mpa]
	D	E	F	G	H	Anima
G1_peso_proprio acciaio	-12.051	-11.013	7.663	8.700	9.392	0.000
G1_peso_Soletta	-51.925	-47.454	33.017	37.488	40.468	0.000
Ritiro nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ritiro nella sezione Mista Acciaio-CLS (Effetto secondario)	-17.724	-16.441	6.648	7.931	8.786	0.000
G2 - Carichi Permanenti non portanti	-1.866	-1.244	9.949	10.571	10.986	-0.251
Termica nella Soletta (Effetto primario)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Termica nella sezione mista (Effetto Secondario)	-9.203	-8.694	0.480	0.990	1.330	0.000
Carichi da Traffico Caratteristici (CF2)	0.720	3.306	49.858	52.444	54.168	4.182
Carichi da Traffico Frequenti (CF2)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vento Carico	0.001	0.004	0.059	0.062	0.064	0.000
Sisma Verticale	0.209	0.958	14.446	15.195	15.695	0.317



Di seguito si riporta l'escursione tensionale massima:

Combinazioni SLU e SLV	σ [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ_{ideale} [Mpa]	σ [Mpa]	σ [Mpa]
	D	E	F	G	H
G1+G2	-0.178	-65.841	59.713	50.631	56.761
G1+G2+Mobili_KK	-0.770	-65.121	56.814	100.717	109.415
$\Delta\sigma$	0.000	0.000	-0.720	-2.898	50.086

Massima escursione $\Delta\sigma$	50.086	[Mpa]
-----------------------------------	--------	---------

Di seguito si riporta il limite tensionale considerato per la seguente verifica:

Tabella C4.2.XIII - Dettagli costruttivi per sezioni saldate ($\Delta\sigma$)

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo
125	 

Ponte stradale su Torrente Giustenice
Relazione di calcolo travi acciaio a via inferiore
L=41.5m

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D 09	DOCUMENTO CLIV0109001	REV. A	FOGLIO 102 di 104
------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	----------------------

↗

Descrizione	Requisiti
<p>Saldature longitudinali 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 5) e 6) della tabella C4.2.XVI.a)</p>	<p>1) e 2) Non sono consentite interruzioni/riprese, a meno che la riparazione sia eseguita da un tecnico qualificato e siano eseguiti controlli atti a verificare la corretta esecuzione della riparazione</p>

Infine si riporta la verifica tensionale a fatica:

TENSIONE LIMITE A FATICA

$\Delta\sigma_C$	125.00	[MPa]
$\Delta\sigma_D$	92.125	[MPa]
$\Delta\sigma_{max}$	54.17	[MPa]
γ_{Mf}	1.35	[-]
$\gamma_{Mf} * \Delta\sigma_{max}$	73.13	[MPa]
$\gamma_{Mf} * \Delta\sigma_{max} \leq \Delta\sigma_D$ <p>La verifica a fatica risulta soddisfatta</p>		