

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 Arroscia  
Relazione di calcolo travi impalcato continuo in acc/cls

SCALA:

-

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

I V 0 I 0 0 D 0 9 C L I V X 8 0 9 0 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	K. Petrucci	Feb.2022	F. Bonifacio	Feb.2022	D. Fadda	Feb.2022	A. Vittozzi Lug.2023 ITALFERR S.p.A. U.O. Opere Civili e Stazione delle Opere Dest. Ing. Angelo Vittozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova N° 133763
B	Emissione esecutiva	K. Petrucci	Lug.2023	F. Bonifacio	Lug.2023	D. Fadda	Lug.2023	

## INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	5
2.1	NORMATIVA E ISTRUZIONI.....	5
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	6
3.1	CALCESTRUZZO.....	6
3.2	ACCIAIO.....	6
3.2.1	Acciaio per cemento armato.....	6
3.2.2	Acciaio carpenteria metallica.....	6
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA.....	7
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	7
6	ANALISI DEI CARICHI.....	8
6.1	CARICHI DI 1 <sup>A</sup> FASE.....	8
6.1.1	Peso proprio (G1) delle parti in acciaio.....	8
6.1.2	Peso proprio (G1) della soletta.....	8
6.2	CARICHI DI 2 <sup>A</sup> FASE.....	9
6.2.1	Carichi permanenti portati.....	9
6.2.2	Azioni variabili da traffico: carichi verticali.....	9
6.2.3	Azioni variabili da traffico: azione longitudinale di frenamento o di accelerazione (q3).....	14
6.2.4	Azioni variabili da traffico: azione centrifuga (q4).....	15
6.2.5	Azione del vento.....	15
6.2.6	Effetti termici.....	19

6.2.7	Viscosità .....	25
6.2.8	Ritiro della soletta .....	26
6.2.9	Azione sismica .....	33
7	GRUPPI DI AZIONI.....	35
8	COMBINAZIONI DI CARICO .....	36
9	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE SEZIONI .....	38
9.1	VALUTAZIONE DELLA LARGHEZZA COLLABORANTE.....	38
9.2	CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE TRAVI.....	40
9.2.1	Parametri in prima fase.....	41
9.2.2	Parametri in seconda fase - To.....	41
9.2.3	Parametri in seconda fase - Too.....	42
9.2.4	Parametri in seconda fase – SNR (soletta non reagente).....	43
9.3	CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TRASVERSI.....	44
9.3.1	Parametri in prima fase.....	44
9.3.2	Parametri in seconda fase - To.....	46
9.3.3	Parametri in seconda fase - Too.....	47
10	MODELLI DI CALCOLO .....	48
10.1	MODELLO A GRATICCIO.....	48
10.1.1	Carichi applicati.....	50
10.1.2	Analisi sismica.....	79
10.2	MODELLO TRASVERSALE DELLA SOLETTA.....	92
11	CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE.....	93

11.1	TRAVI PRINCIPALI: SOLLECITAZIONE DI 1 <sup>A</sup> FASE .....	93
11.2	TRAVI PRINCIPALI: SOLLECITAZIONE DI 2 <sup>A</sup> FASE .....	94
11.2.1	<i>Travi principali: sollecitazione di 2<sup>a</sup> fase a To.....</i>	<i>95</i>
11.2.2	<i>Travi principali: sollecitazione di 2<sup>a</sup> fase a Too.....</i>	<i>111</i>
12	VERIFICA DEGLI ELEMENTI PRINCIPALI .....	114
12.1	TRAVI: VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU.....	114
12.2	SOLETTA: VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU IN DIREZIONE LONGITUDINALE.....	117
12.3	SOLETTA: VERIFICA A FESSURAZIONE.....	119
12.4	RIEPILOGO TENSIONI AGENTI SULLA TRAVE ALLO SLU.....	122
12.5	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI FATICA.....	124
12.6	VERIFICA DI DEFORMABILITÀ .....	128
13	VERIFICA DELLA SOLETTA IN DIREZIONE TRASVERSALE.....	129
14	SCARICHI SUGLI APPOGGI .....	130
15	REAZIONI COMPLESSIVE SULLE SOTTOSTRUTTURE .....	131
16	SPOSTAMENTI APPARECCHI DI APPOGGIO E GIUNTI.....	132

## 1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce al dimensionamento dell'impalcato del ponte stradale "IVX8" sul Torrente Arroscia, previsto nell'ambito del raddoppio della linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Ligure - Andora. Per la descrizione dell'impalcato e le relative caratteristiche geometriche si rimanda al Doc. IV0I00D09ROIVX800001.

*La sistemazione del Sito di abbancamento di Villanova d'Albenga (WBS IAX3) e la strada di accesso (WBS NVX3) saranno oggetto di specifico procedimento autorizzatorio in capo al Comune di Villanova di Albenga, come da accordi tra il medesimo Comune, RFI e la Regione Liguria.*

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

Travi:

Concio	H <sub>tot</sub>	t	B <sub>sup</sub>	s <sub>sup</sub>	B <sub>inf</sub>	s <sub>inf</sub>
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1-1	1750	20	600	25	900	20
1-2	1750	15	700	40	900	40
1-3	1750	15	700	40	900	40
1-4	1750	20	600	30	900	45
1-5	1750	25	600	40	900	50
2-2	1750	15	600	20	900	40
2-3	1750	15	600	25	900	35
2-1	1750	20	600	25	900	40

H<sub>tot</sub>: altezza trave; t: spessore anima; B, s: larghezza e spessore delle piattabande.

Di seguito si riporta l'estensione in longitudinale dei conci della trave a partire dalla testa della trave per metà impalcato:

concio 1-1:	da 0m	a	6.60m	lunghezza 6.60m	
concio 1.2:	da 6.60m	a	17.10m	lunghezza 10.50m	
concio 1-3:	da 17.10m	a	27.60m	lunghezza 10.50m	
concio 1-4:	da 27.60m	a	38.10m	lunghezza 10.50m	
concio 1-5:	da 38.10m	a	50.10m	lunghezza 12.00m	(in asse pila 1)
concio 2-2:	da 50.10m	a	60.60m	lunghezza 10.50m	
concio 2-3:	da 60.60m	a	71.10m	lunghezza 10.50m	
concio 2-2:	da 71.10m	a	81.60m	lunghezza 10.50m	
concio 2-1:	da 81.60m	a	93.60m	lunghezza 12.00m	(in asse pila 2)
concio 2-2:	da 93.60m	a	104.10m	lunghezza 10.50m	
concio 2-3:	da 104.10m	a	114.60m	lunghezza 10.50m	

Controventi di piano:

superiori: L80x80x10 disposti a X

Traversi su spalle:

sezione a doppio T connessa con la soletta

H=1410mm, sp anima = 15mm, Piattabanda sup: 500mmx15mm, Piattabanda inf: 500mmx20mm

Traversi su pile:

sezione a doppio T

H=1070mm, sp anima = 20mm, Piattabanda sup: 500mmx20mm, Piattabanda inf: 500mmx20mm

Traversi correnti:

HEB500

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>												
<b>IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia</b> <b>Relazione di calcolo travi impalcato continuo in</b> <b>acc/cls</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV01</td> <td>00</td> <td>D 09 CL</td> <td>IVX809001</td> <td>B</td> <td>5 di 134</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	5 di 134
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	5 di 134								

## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normativa e istruzioni

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

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

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

- DM 17 gennaio 2018: *Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”*(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**)

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

#### 3.1 Calcestruzzo

Soletta: Classe C35/45

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

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

Resistenza di calcolo a compressione:  $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 37,35 \cdot 0,85 / 1,5 = 21,17 \text{ N/mm}^2$

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	<b>B450C</b>
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ;
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$ ;
resistenza di calcolo a trazione	$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$ ;
modulo elastico	$E_s = 206.000 \text{ N/mm}^2$ .

##### 3.2.2 Acciaio carpenteria metallica

Acciaio	<b>S355</b>
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	$\nu = 0,3$ ;
Modulo di elasticità trasversale	$G = E / [2 (1 + \nu)] = 80769,23 \text{ N/mm}^2$ ;
Coefficiente di espansione termica lineare	$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$ (per T fino a 100 °C);
Densità	$\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$ .

#### 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Per la caratterizzazione geotecnica del tracciato, ed in particolare dell'opera in esame, si rimanda alla relazione geotecnica generale.

Si precisa, inoltre come riportato nel documento citato, che l'infrastruttura in oggetto ricade interamente su suolo di categoria E ai fini della caratterizzazione delle azioni sismiche.

#### 5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'azione sismica di progetto è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste, descritta in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco ag (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_e(T)$ ;
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera;
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- ag, accelerazione orizzontale massima del terreno
- $F_0$ , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $TC^*$ , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

In particolare, si può notare come  $F_0$  descriva la pericolosità sismica locale del sito su cui l'opera insiste. Infatti, da quest'ultimo, attraverso le espressioni fornite dalla normativa, sono valutati i valori d'amplificazione stratigrafica e topografica. Di seguito sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto.

Vita nominale  $V_N$  = 75 anni;

Classe d'uso = III;

Coefficiente d'uso  $C_u$  = 1.5;

Periodo di riferimento  $V_R$  = 112.5 anni;

$T_{R,SLV}$  = 1068 anni;

$T_{R,SLC}$  = 2193 anni.

## 6 ANALISI DEI CARICHI

### 6.1 Carichi di 1<sup>a</sup> fase

#### 6.1.1 Peso proprio (G1) delle parti in acciaio

Sono stati definiti 9 tipologie di concetti come indicato al § 1.

Gli spessori della carpenteria metallica e il peso della trave per metro di impalcato sono riportati nella seguente tabella:

Concio	H <sub>tot</sub>	t	B <sub>sup</sub>	s <sub>sup</sub>	B <sub>inf</sub>	s <sub>inf</sub>	Area	PPacc
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[kN/m]
1-1	1750	20	600	25	900	20	67100	7.11
1-2	1750	15	700	40	900	40	89050	9.44
1-3	1750	15	700	40	900	40	89050	9.44
1-4	1750	20	600	30	900	45	92000	9.75
1-5	1750	25	600	40	900	50	110500	11.71
2-2	1750	15	600	20	900	40	73350	7.77
2-3	1750	15	600	25	900	35	63000	6.68
2-1	1750	20	600	25	900	40	84700	8.98

Nel calcolo dei pesi complessivi della carpenteria metallica si è considerato un incremento del 35% del peso complessivo delle sole travi per tener conto del peso dei diaframmi, dei controventi di piano e del piastrame secondario.

Il peso complessivo della carpenteria metallica è pari a:

TOT trave esterna      1891.5 [kN]

TOT trave interna      1891.5 [kN]

TOT (5 travi)            9457.3 [kN]

#### 6.1.2 Peso proprio (G1) della soletta

Nella seguente tabella si riporta il carico al metro lineare agente su ogni trave.

Trave	h <sub>sol media</sub>	L <sub>sbalzo</sub>	i	h <sub>pred</sub>	G <sub>2 sol</sub> (peso soletta+predalle)
	[cm]	[m]	[cm]	[cm]	[kN/m]
Esterna 1	25.4	2.08	206	5	23.62
Interne 2-4	30.0	-	206	5	18.03
Interna 3	33.7	-	206	5	19.93
Esterna 5	25.4	2.08	206	5	23.62

Il peso complessivo della soletta è pari a:

TOT ESTERNE (TRAVI 1 e 5)	5165.9	[kN]
TOT INTERMEDIE (TRAVI 2 e 4)	3942.1	[kN]
TOT CENTRALE (TRAVI 3)	4358.8	[kN]
TOT (5 travi)	22574.8	[kN]

Il peso totale di carpenteria metallica e soletta per tutto l'impalcato è pari a circa 32032 kN.

## 6.2 Carichi di 2<sup>a</sup> fase

### 6.2.1 Carichi permanenti portati

#### TRAVI ESTERNE

Sono stati considerati i seguenti contributi:

Peso per unità di lunghezza  
longitudinale dell'impalcato

- Pavimentazione	$0.91\text{m} \times 0.11\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3$	=	2.50 kN/m
- Marciapiede	$2.20\text{m} \times 0.19\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3$	=	10.45 kN/m
- Sicurvia	$1 \times 9.0 \text{ kN/m}$	=	9.00 kN/m
- Parapetto + veletta + impianti	$1.0 \text{ kN/m} + 1.05 \text{ kN/m} + 0.5 \text{ kN/m}$	=	2.55 kN/m
		=	24.50 kN/m

#### TRAVI INTERNE

Sono stati considerati i seguenti contributi:

Peso per unità di lunghezza  
longitudinale dell'impalcato

- Pavimentazione	$2.06\text{m} \times 0.11\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3$	=	5.67 kN/m
		=	5.67 kN/m

Il peso complessivo dei permanenti portati è pari a:

TOT trave esterna 1	5383.2	[kN]
TOT una trave interna	1170.4	[kN]
TOT trave esterna 5	5383.2	[kN]
TOT (5 travi)	14500.2	[kN]

### 6.2.2 Azioni variabili da traffico: carichi verticali

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

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

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

### 6.2.2.1 Schema di carico 1

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

- Corsia 1: due assi in tandem  $Q_{ik}$  ciascuno da 300 kN disposti ad interasse longitudinale pari a 1,20m ed interasse trasversale pari a 2.0m;
- Corsia 1: carico distribuito  $q_{ik}$  di 9.0 kN/m<sup>2</sup> in entrambe le direzioni e per una lunghezza illimitata;
- Corsia 2: due assi in tandem  $Q_{ik}$  ciascuno da 200 kN disposti ad interasse longitudinale pari a 1,20m ed interasse trasversale pari a 2.0m;
- Corsia 2: carico distribuito  $q_{ik}$  di 2.5 kN/m<sup>2</sup> in entrambe le direzioni e per una lunghezza illimitata;
- Corsia 3: due assi in tandem  $Q_{ik}$  ciascuno da 100 kN disposti ad interasse longitudinale pari a 1,20m ed interasse trasversale pari a 2.0m;
- Corsia 3: carico distribuito  $q_{ik}$  di 2.5 kN/m<sup>2</sup> in entrambe le direzioni e per una lunghezza illimitata.

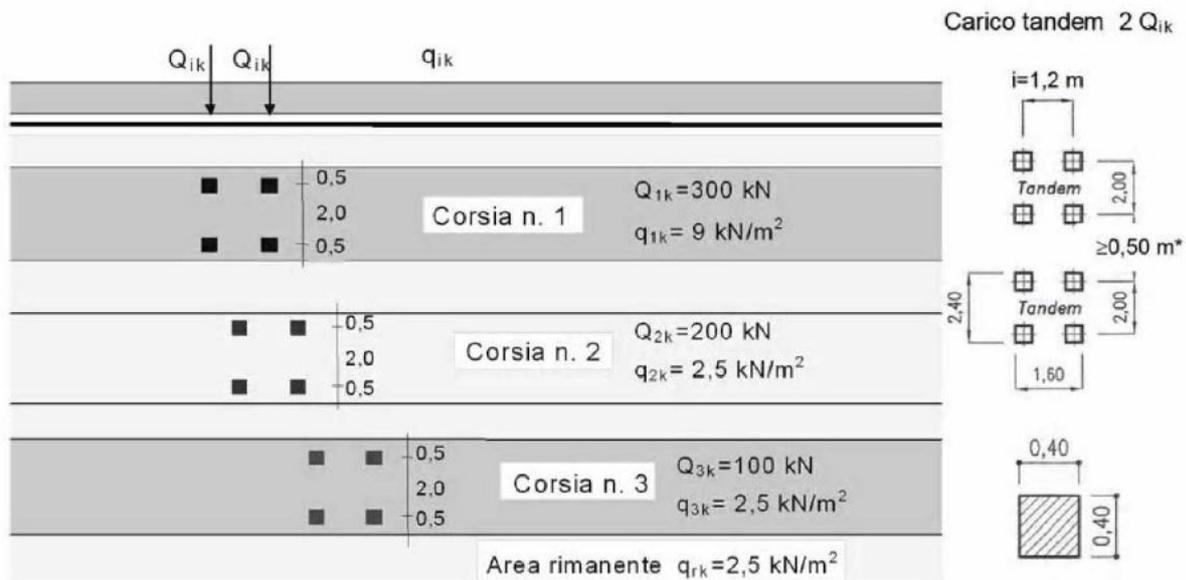


Figura 1 - Schemi di carico 1

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

Nell'impalcato in esame sono state considerate n.2 colonne di carico e la parte rimanente di carreggiata caricata con  $q_{rk}=2.5\text{kN/mq}$ .

Al fine di valutare i massimi effetti sono state considerate tre disposizioni delle colonne di carico:

- 1 colonna di carico posta a filo margine esterno sulla carreggiata;
- 2 colonne di carico poste a filo margine esterno della carreggiata + parte rimanente carreggiata caricata con  $q_{rk}=2.5\text{kN/mq}$ ;
- 2 colonne di carico poste in modo che l'assale della corsia 1 cada sulla trave n.3 + parte rimanente carreggiata caricata con  $q_{rk}=2.5\text{kN/mq}$ ;

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

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

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

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

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

Si riporta di seguito il calcolo dei carichi.

1 colonna di carico posta a filo margine esterno sulla carreggiata.

Distanze e coefficienti di ripartizione:

			trave 1	trave 2	trave 3	trave 4	trave 5
CORSIA 1	Singolo carico di Q1k - Lato SX	Distanze (m)	0.62	1.44			
	F	1	<b>0.70</b>	<b>0.30</b>			
	Singolo carico di Q1k - Lato DX	Distanze (m)		0.56	1.5		
	F	1		<b>0.73</b>	<b>0.27</b>		
CORSIA 2	Singolo carico di Q2k - Lato SX	Distanze (m)					
	F	1					
	Singolo carico di Q2k - Lato DX	Distanze (m)					
	F	1					
CORSIA 3	Singolo carico di Q3k - Lato SX	Distanze (m)					
	F	1					
	Singolo carico di Q3k - Lato DX	Distanze (m)					
	F	1					
		SOMME	<b>0.70</b>	<b>1.03</b>	<b>0.27</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
CORSIA 1	q1k	B influenza (m)	0.91	2.06	0.03		
	q	1	<b>0.91</b>	<b>2.06</b>	<b>0.03</b>		
CORSIA 2	q2k	B influenza (m)					
	q	1					
CORSIA 3	q3k	B influenza (m)					
	q	1					

SOMME                      **0.91      2.06      0.03      0      0**

Carichi:

		CARICHI REALI (kN,m)				
		trave 1	trave 2	trave 3	trave 4	trave 5
CORSIA 1	150	104.9	45.1	0.0	0.0	0.0
	150	0.0	109.2	40.8	0.0	0.0
CORSIA 2	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CORSIA 3	50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SOMME (kN)		<b>104.9</b>	<b>154.4</b>	<b>40.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
CORSIA 1	9	8.2	18.5	0.3	0.0	0.0
CORSIA 2	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CORSIA 3	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SOMME (kN/m)		<b>8.2</b>	<b>18.5</b>	<b>0.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

2 colonne di carico poste a filo margine esterno della carreggiata + parte rimanente carreggiata caricata con  $q_{rk}=2.5\text{kN/mq}$

Distanze e coefficienti di ripartizione:

			trave 1	trave 2	trave 3	trave 4	trave 5
CORSIA 1	Singolo carico di Q1k - Lato SX	Distanze (m)	0.62	1.44			
	F	1	<b>0.70</b>	<b>0.30</b>			
	Singolo carico di Q1k - Lato DX	Distanze (m)		0.56	1.5		
CORSIA 2	F	1		<b>0.73</b>	<b>0.27</b>		
	Singolo carico di Q2k - Lato SX	Distanze (m)		1.56	0.5		
	F	1		<b>0.24</b>	<b>0.76</b>		
CORSIA 3	Singolo carico di Q2k - Lato DX	Distanze (m)			1.5	0.56	
	F	1			<b>0.27</b>	<b>0.73</b>	
	Singolo carico di Q3k - Lato SX	Distanze (m)					
CORSIA 3	F	1					
	Singolo carico di Q3k - Lato DX	Distanze (m)					
	F	1					
SOMME			<b>0.70</b>	<b>1.27</b>	<b>1.30</b>	<b>0.73</b>	<b>0.00</b>
CORSIA 1	q1k	B influenza (m)	0.91	2.06	0.03		
	q	1	<b>0.91</b>	<b>2.06</b>	<b>0.03</b>		
CORSIA 2	q2k	B influenza (m)			2.03	0.97	

CORSIA 3	q	1	0	0	2.03	0.97	
	q3k	B influenza (m)					1.09
	q	1	0	0	0	1.09	0.91
	SOMME		0.91	2.06	2.06	2.06	0.91

**Carichi:**

		CARICHI REALI (kN,m)				
		trave 1	trave 2	trave 3	trave 4	trave 5
CORSIA 1	150	104.9	45.1	0.0	0.0	0.0
	150	0.0	109.2	40.8	0.0	0.0
CORSIA 2	100	0.0	24.3	75.7	0.0	0.0
	100	0.0	0.0	27.2	72.8	0.0
CORSIA 3	50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	SOMME (kN)	<b>104.9</b>	<b>178.6</b>	<b>143.7</b>	<b>72.8</b>	<b>0.0</b>
CORSIA 1	9	8.2	18.5	0.3	0.0	0.0
CORSIA 2	2.5	0.0	0.0	5.1	2.4	0.0
CORSIA 3	2.5	0.0	0.0	0.0	2.7	2.3
	SOMME (kN/m)	<b>8.2</b>	<b>18.5</b>	<b>5.3</b>	<b>5.2</b>	<b>2.3</b>

2 colonne di carico poste in modo che l'assale della corsia 1 cada sulla trave n.3 + parte rimanente carreggiata caricata con  $q_{rk}=2.5\text{kN/mq}$ .

**Distanze e coefficienti di ripartizione:**

			trave 1	trave 2	trave 3	trave 4	trave 5
CORSIA 1	Singolo carico di Q1k - Lato SX	Distanze (m)	2.06	0			
	F	1	<b>0.00</b>	<b>1.00</b>			
	Singolo carico di Q1k - Lato DX	Distanze (m)		2	0.06		
CORSIA 2	F	1		<b>0.03</b>	<b>0.97</b>		
	Singolo carico di Q2k - Lato SX	Distanze (m)			0.94	1.12	
	F	1			<b>0.54</b>	<b>0.46</b>	
CORSIA 3	Singolo carico di Q2k - Lato DX	Distanze (m)				0.88	1.18
	F	1				<b>0.57</b>	<b>0.43</b>
	Singolo carico di Q3k - Lato SX	Distanze (m)					
CORSIA 3	F	1					
	Singolo carico di Q3k - Lato DX	Distanze (m)					
	F	1					
	SOMME		<b>0.00</b>	<b>1.03</b>	<b>1.51</b>	<b>1.03</b>	<b>0.43</b>

CORSIA 1	q1k	B influenza (m)	0	1.53	1.47		
	q	1	<b>0</b>	<b>1.53</b>	<b>1.47</b>		
CORSIA 2	q2k	B influenza (m)			0.59	2.06	0.35
	q	1		<b>0</b>	<b>0.59</b>	<b>2.06</b>	<b>0.35</b>
CORSIA 3	q3k	B influenza (m)		0.91	0.53		
	q	1	<b>0.91</b>	<b>0.53</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.56</b>
SOMME			<b>0.91</b>	<b>2.06</b>	<b>2.06</b>	<b>2.06</b>	<b>0.91</b>

Carichi:

		CARICHI REALI (kN,m)				
		trave 1	trave 2	trave 3	trave 4	trave 5
CORSIA 1	150	0.0	150.0	0.0	0.0	0.0
	150	0.0	4.4	145.6	0.0	0.0
CORSIA 2	100	0.0	0.0	54.4	45.6	0.0
	100	0.0	0.0	0.0	57.3	42.7
CORSIA 3	50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	SOMME (kN)	<b>0.0</b>	<b>154.4</b>	<b>200.0</b>	<b>102.9</b>	<b>42.7</b>
CORSIA 1	9	0.0	13.8	13.2	0.0	0.0
CORSIA 2	2.5	0.0	0.0	1.5	5.2	0.9
CORSIA 3	2.5	2.3	1.3	0.0	0.0	1.4
	SOMME (kN/m)	<b>2.3</b>	<b>15.1</b>	<b>14.7</b>	<b>5.2</b>	<b>2.3</b>

#### 6.2.2.2 Schema di carico 5

A partire da carico nominale di 2.5 kN/mq, considerando la larghezza pedonabile del marciapiede di 1.5m, si ottiene il carico uniforme di 3.75kN/m.

È stato considerato sia il caso di un solo marciapiede caricato che di due marciapiedi.

#### 6.2.2.3 Disposizioni carichi mobili in longitudinale

Gli schemi di carico 1 e 5 sono stati modellati come carichi mobili lungo l'asse dell'impalcato al fine di massimizzare i diversi tipi di azioni lungo l'asse dell'impalcato.

#### 6.2.3 Azioni variabili da traffico: azione longitudinale di frenamento o di accelerazione (q3)

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

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

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 larghezza caricata ed include gli effetti di interazione.

Per il caso in esame si ha:

L	q <sub>3</sub>	q <sub>3</sub> /ml	q <sub>3</sub> TRAVE	q <sub>3</sub> TRAVE/ml		h <sub>w</sub>	b <sub>q3</sub> =h <sub>w</sub> - y <sub>GTrave</sub>	Mq <sub>3</sub> TRAVE/ml
[m]	[KN]	[KN/m]	[KN]	[KN/m]	n° travi	[m]	[m]	[KNm/m]
219.70	900	4.10	180.0	<b>0.82</b>	5	2.26	1.39	<b>1.13</b>

#### 6.2.4 Azioni variabili da traffico: azione centrifuga (q<sub>4</sub>)

Essendo l'asse del ponte in rettilineo la presente azione risulta nulla.

#### 6.2.5 Azione del vento

Per la determinazione dell'azione dovuta al vento si fa riferimento al DM 17.1.2018 e relativa circolare. In particolare le istruzioni prevedono che la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni e sui loro elementi proceda secondo lo schema seguente:

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

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

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

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

$q_b$  = pressione cinetica di riferimento;

$c_e$  = coefficiente di esposizione;

$c_p$  = coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico);

$c_d$  = coefficiente dinamico.

**Zona:**

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia**  
**Relazione di calcolo travi impalcato continuo in**  
**acc/cls**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	16 di 134

## 7) Liguria



### Classe di rugosità del terreno:

B) Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive. Lago (con larghezza pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa)

$a_s$  (altitudine sul livello del mare della costruzione):

17.5 [m]

Distanza dalla costa

3.5 [km]

$T_R$  (Tempo di ritorno):

50 [anni]

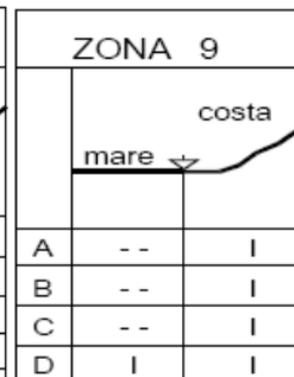
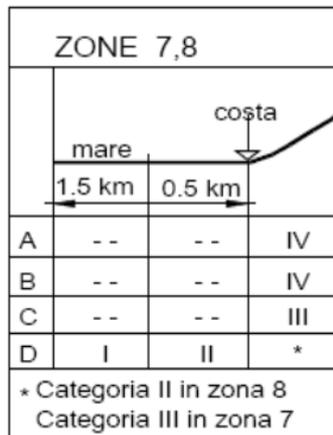
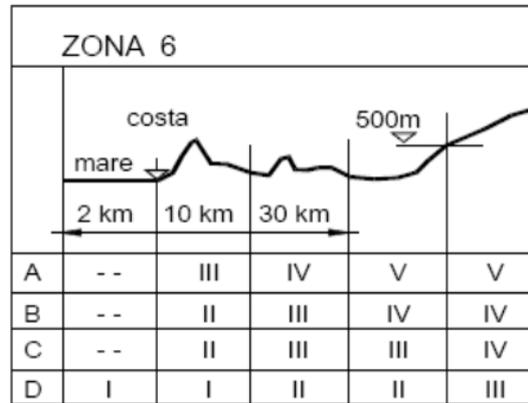
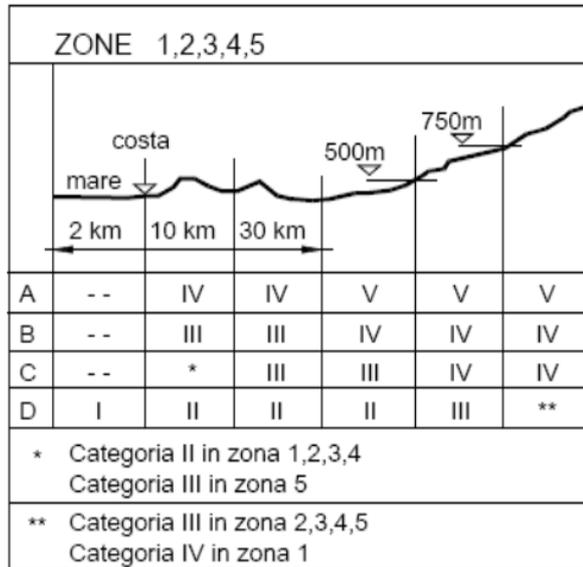
Categoria di esposizione

IV

Categorie di esposizione:

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia**  
**Relazione di calcolo travi impalcato continuo in acc/cfs**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D 09 CL IVX809001 B 17 di 134



**Velocità di riferimento:**

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$	$C_a$
7	28	1000	0.54	1.000

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

$c_a = 1$  per  $a_s \leq a_0$   
 $c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1)$  per  $a_0 < a_s \leq 1500$  m

$v_b$  (velocità base di riferimento) **28.00 m/s**

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

$c_r$  coefficiente di ritorno 1.00

$v_r$  (velocità di riferimento) **28.02 m/s**

**Pressione cinetica di riferimento:**

$q_r$  (pressione cinetica di riferimento [N/mq])

$$q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

$$q_r = 490.72 \text{ N/mq}$$

**Coefficiente di esposizione:**

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

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

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

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

Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione – cfr. NTC18

$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{\min}$ [m]
0.22	0.30	8.00

$z$ [m]	$c_e$
$z \leq 8$	1.63
$z = 10$	1.78
$z = 12.63$	1.94

### Coefficiente di pressione:

Il coefficiente di pressione  $c_p$  viene calcolato secondo il punto C.3.3.8.6.1 della circolare 21/1/2019.

Per le travi ad anima piena ( $\varphi = 1$ ) si ha:

$$c_p = 2.4 - 1 = 1.4.$$

Nel caso di più travi multiple (C3.3.8.6.2), disposte parallelamente a distanza  $d$  non maggiore del doppio dell'altezza  $h$  ( $d/h \leq 2$ ), il valore della pressione sull'elemento successivo sarà pari a quello sull'elemento precedente moltiplicato per un coefficiente di riduzione dato da:

$$\mu = 1 - 1.2\varphi \quad \text{per } \varphi \leq 2/3$$

$$\mu = 0.2 \quad \text{per } \varphi > 2/3$$

Nel caso in esame si ha:

$$d/h = 2.06\text{m}/1.75\text{m} = 1.18 < 2$$

$$\varphi = 1$$

$$\text{Pertanto } \mu = 0.2$$

Riepilogando si ha:

$q_r$	0.49	kN/mq
$C_e$	1.94	
$C_p$	1.4	
$C_d$	1	
$p$	<b>1.33</b>	kN/mq

Vento su impalcato + veicolo:

$h_{trave}$	$h_{sol}$	$h_{carico}$	$h_{pavimentazione}$	$h_w$	$q_w$	$q_5$	$h_{trave} / 2$	$b_{q_5} = h_w/2 - y_{GTrave}$	$M_{q_5}$
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[KN/m <sup>2</sup> ]	[KN/m]	[m]	[m]	[KNm/m]
1.75	0.40	3.00	0.11	5.26	1.33	7.59	0.875	1.76	13.33
Fattore vento su travi successive ( $\Sigma\mu$ ):				0.25	A trave:	1.52			

$$q_5 = q_w \times (h_w + \Sigma\mu)$$

Il momento dovuto al vento viene ripartito come un effetto tiri e spingi tra le travi:

	Trave 1	Trave 2	Trave 3	Trave 4	Trave 5	
d	4.12	2.06	0.00	-2.06	-4.12	m
p	1.29	0.65	0.00	-0.65	-1.29	kN/m

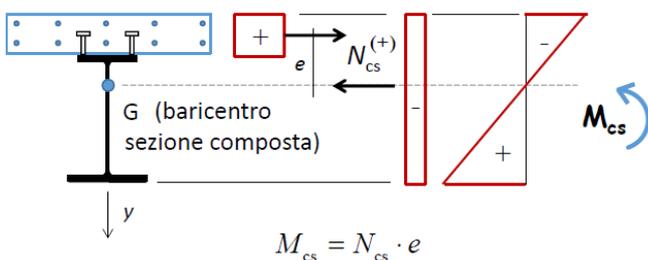
### 6.2.6 Effetti termici

Sono state considerate variazioni di temperatura pari a:

- uniforme di  $\pm 15$  °C;
- differenziale tra la trave e la soletta di  $\pm 5$  °C

La variazione termica differenziale genera un allungamento/accorciamento della soletta, che è però contrastato dalla presenza dei connettori.

Effetto primario della variazione termica differenziale.



La soletta risulta quindi soggetta ad uno sforzo normale per allungamento impedito, che vale:

$$N_{\Delta t} = E_{cls} \times \alpha \times \Delta t \times A_{cls}$$

in cui:

$$E_{cls} = 3.46 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$$

modulo elastico del CLS ( $t_0$ );

$$\alpha = 9.9 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

coeff. di espansione termica;

$$\Delta t = 5^\circ\text{C}$$

variazione termica;

$A_{cls} = h_{sol} \times L_{trav sol}$  area del CLS;

Oltre all'effetto locale sulla sola soletta, sull'intera sezione composta acciaio/cls è stato poi applicato un sistema di forze e momenti che valgono:

$$N_{\Delta t} = \pm E_{cls} \times \alpha \times \Delta t \times A_{cls}$$

$$M_{\Delta t} = \pm N_{\Delta t} \times e$$

in cui "e" rappresenta l'eccentricità tra il baricentro della sezione omogeneizzata a  $t_0$  ed il piano medio della soletta.

Le sollecitazioni equivalenti applicate su ogni trave sono riportate nelle seguenti tabelle:

TRAVI ESTERNE 1 e 5 (caso soletta più fredda della trave):

Elemento			$L_{sol}$ Trave	$h_{sol}$	Fase $t_0$	Trave+dalla	ecc. bar. soletta bar. Trave+SolOm.	Sollec. equiv. da $\Delta T_{diff}$		
Trave	appoggi	Concio	[m]	[m]	$y_G$ [cm]	$H_{tot}$ [mm]	e [m]	N [kN]	M [kNm]	
ESTERNE (TRAVI 1 e 5)	SPALLA	1-1	3.110	0.254	148	1800	0.446	-1353	603	
		1-1	3.110	0.254	148	1800	0.446	-1353	603	
		1-1	3.110	0.254	148	1800	0.446	-1353	603	
		1-2	3.110	0.254	139	1800	0.539	-1353	729	
		1-2	3.110	0.254	139	1800	0.539	-1353	729	
		1-2	3.110	0.254	139	1800	0.539	-1353	729	
		1-3	3.110	0.254	139	1800	0.539	-1353	729	
		1-3	3.110	0.254	139	1800	0.539	-1353	729	
		1-3	3.110	0.254	139	1800	0.539	-1353	729	
		1-3	3.110	0.254	139	1800	0.539	-1353	729	
		1-4	3.110	0.254	132	1800	0.610	-1353	825	
		1-4	3.110	0.254	132	1800	0.610	-1353	825	
	PILA 1	1-5	3.110	0.254	132	1800	0.611	-1353	827	
		1-5	3.110	0.254	133	1800	0.597	-1353	807	
		1-5	3.110	0.254	133	1800	0.597	-1353	807	
		1-5	3.110	0.254	132	1800	0.611	-1353	827	
		2-2	3.110	0.254	139	1800	0.536	-1353	725	
		2-2	3.110	0.254	139	1800	0.536	-1353	725	
		2-2	3.110	0.254	136	1800	0.570	-1353	771	
		2-3	3.110	0.254	147	1800	0.454	-1353	614	
		2-3	3.110	0.254	147	1800	0.454	-1353	614	
		2-3	3.110	0.254	147	1800	0.454	-1353	614	
		2-3	3.110	0.254	147	1800	0.454	-1353	614	
		2-2	3.110	0.254	136	1800	0.570	-1353	771	
		2-2	3.110	0.254	136	1800	0.570	-1353	771	
		2-2	3.110	0.254	139	1800	0.536	-1353	725	
		PILA 2	2-1	3.110	0.254	137	1800	0.553	-1353	748
			2-1	3.110	0.254	137	1800	0.553	-1353	748
2-1	3.110		0.254	137	1800	0.553	-1353	748		
2-1	3.110		0.254	137	1800	0.553	-1353	748		

Elemento			L <sub>sol</sub> Trave	h <sub>sol</sub>	Fase t <sub>0</sub>	Trave+dalla	ecc. bar. soletta bar. Trave+SolOm.	Sollec. equiv. da ΔTdiff	
Trave	appoggi	Concio			y <sub>G</sub>	H <sub>tot</sub>	e	N	M
			[m]	[m]	[cm]	[mm]	[m]	[kN]	[kNm]
PILA 3	2-2	3.110	0.254	139	1800	0.536	-1353	725	
	2-2	3.110	0.254	136	1800	0.570	-1353	771	
	2-2	3.110	0.254	136	1800	0.570	-1353	771	
	2-3	3.110	0.254	147	1800	0.454	-1353	614	
	2-3	3.110	0.254	147	1800	0.454	-1353	614	
	2-3	3.110	0.254	147	1800	0.454	-1353	614	
	2-3	3.110	0.254	147	1800	0.454	-1353	614	
	2-2	3.110	0.254	136	1800	0.570	-1353	771	
	2-2	3.110	0.254	136	1800	0.570	-1353	771	
	2-2	3.110	0.254	139	1800	0.536	-1353	725	
	2-1	3.110	0.254	137	1800	0.553	-1353	748	
	2-1	3.110	0.254	137	1800	0.553	-1353	748	
	2-1	3.110	0.254	137	1800	0.553	-1353	748	
	2-1	3.110	0.254	137	1800	0.553	-1353	748	
	2-2	3.110	0.254	139	1800	0.536	-1353	725	
	2-2	3.110	0.254	136	1800	0.570	-1353	771	
	2-2	3.110	0.254	136	1800	0.570	-1353	771	
	2-3	3.110	0.254	147	1800	0.454	-1353	614	
	2-3	3.110	0.254	147	1800	0.454	-1353	614	
	2-3	3.110	0.254	147	1800	0.454	-1353	614	
	2-3	3.110	0.254	147	1800	0.454	-1353	614	
	2-2	3.110	0.254	136	1800	0.570	-1353	771	
	2-2	3.110	0.254	139	1800	0.536	-1353	725	
	2-2	3.110	0.254	139	1800	0.536	-1353	725	
	1-5	3.110	0.254	132	1800	0.611	-1353	827	
	1-5	3.110	0.254	133	1800	0.597	-1353	807	
	1-5	3.110	0.254	133	1800	0.597	-1353	807	
	1-5	3.110	0.254	132	1800	0.611	-1353	827	
1-4	3.110	0.254	135	1800	0.577	-1353	781		
1-4	3.110	0.254	132	1800	0.610	-1353	825		
1-4	3.110	0.254	132	1800	0.610	-1353	825		
1-3	3.110	0.254	139	1800	0.539	-1353	729		
1-3	3.110	0.254	139	1800	0.539	-1353	729		
1-3	3.110	0.254	139	1800	0.539	-1353	729		
1-3	3.110	0.254	139	1800	0.539	-1353	729		
1-2	3.110	0.254	139	1800	0.539	-1353	729		
1-2	3.110	0.254	139	1800	0.539	-1353	729		
1-2	3.110	0.254	139	1800	0.539	-1353	729		
1-1	3.110	0.254	148	1800	0.446	-1353	603		
1-1	3.110	0.254	148	1800	0.446	-1353	603		
1-1	3.110	0.254	148	1800	0.446	-1353	603		

TRAVI INTERNE 2 e 4 (caso soletta più fredda della trave):



Elemento			L <sub>sol</sub> Trave	h <sub>sol</sub>	Fase t <sub>0</sub>	Trave+dalla	ecc. bar. soletta bar. Trave+SolOm.	Sollec. equiv. da ΔTdiff			
Trave	appoggi	Concio			y <sub>G</sub>	H <sub>tot</sub>	e	N	M		
			[m]	[m]	[cm]	[mm]	[m]	[kN]	[kNm]		
PILA 4		2-2	2.060	0.300	148	1800	0.471	-1059	498		
		2-2	2.060	0.300	145	1800	0.497	-1059	526		
		2-2	2.060	0.300	145	1800	0.497	-1059	526		
		2-3	2.060	0.300	156	1800	0.391	-1059	414		
		2-3	2.060	0.300	156	1800	0.391	-1059	414		
		2-3	2.060	0.300	156	1800	0.391	-1059	414		
		2-3	2.060	0.300	156	1800	0.391	-1059	414		
		2-2	2.060	0.300	145	1800	0.497	-1059	526		
		2-2	2.060	0.300	148	1800	0.471	-1059	498		
		2-2	2.060	0.300	148	1800	0.471	-1059	498		
		1-5	2.060	0.300	140	1800	0.552	-1059	584		
		1-5	2.060	0.300	141	1800	0.539	-1059	571		
		1-5	2.060	0.300	141	1800	0.539	-1059	571		
		1-5	2.060	0.300	140	1800	0.552	-1059	584		
		1-4	2.060	0.300	144	1800	0.514	-1059	545		
		1-4	2.060	0.300	141	1800	0.541	-1059	573		
		1-4	2.060	0.300	141	1800	0.541	-1059	573		
		1-3	2.060	0.300	147	1800	0.477	-1059	505		
		1-3	2.060	0.300	147	1800	0.477	-1059	505		
		1-3	2.060	0.300	147	1800	0.477	-1059	505		
		1-3	2.060	0.300	147	1800	0.477	-1059	505		
		1-2	2.060	0.300	147	1800	0.477	-1059	505		
		1-2	2.060	0.300	147	1800	0.477	-1059	505		
		1-2	2.060	0.300	147	1800	0.477	-1059	505		
		SPALLA		1-1	2.060	0.300	156	1800	0.386	-1059	409
				1-1	2.060	0.300	156	1800	0.386	-1059	409
1-1	2.060			0.300	156	1800	0.386	-1059	409		

TRAVE INTERNA 3 (caso soletta più fredda della trave):

Elemento			L <sub>sol</sub> Trave	h <sub>sol</sub>	Fase t <sub>0</sub>	Trave+dalla	ecc. bar. soletta bar. Trave+SolOm.	Sollec. equiv. da ΔTdiff	
Trave	appoggi	Concio			y <sub>G</sub>	H <sub>tot</sub>	e	N	M
			[m]	[m]	[cm]	[mm]	[m]	[kN]	[kNm]
INTERNA (TRAVE 3)	SPALLA	1-1	2.060	0.337	156	1800	0.405	-1190	482
		1-1	2.060	0.337	156	1800	0.405	-1190	482
		1-1	2.060	0.337	156	1800	0.405	-1190	482
		1-2	2.060	0.337	147	1800	0.495	-1190	590
		1-2	2.060	0.337	147	1800	0.495	-1190	590
		1-2	2.060	0.337	147	1800	0.495	-1190	590
		1-3	2.060	0.337	147	1800	0.495	-1190	590
		1-3	2.060	0.337	147	1800	0.495	-1190	590
		1-3	2.060	0.337	147	1800	0.495	-1190	590
		1-3	2.060	0.337	147	1800	0.495	-1190	590
		1-3	2.060	0.337	147	1800	0.495	-1190	590
		1-4	2.060	0.337	141	1800	0.559	-1190	665

Elemento			L <sub>sol</sub> Trave	h <sub>sol</sub>	Fase t <sub>0</sub>	Trave+dalla	ecc. bar. soletta bar. Trave+SolOm.	Sollec. equiv. da ΔTdiff	
Trave	appoggi	Concio			y <sub>G</sub>	H <sub>tot</sub>	e	N	M
			[m]	[m]	[cm]	[mm]	[m]	[kN]	[kNm]
PILA 1	1-4	2.060	0.337	141	1800	0.559	-1190	665	
	1-4	2.060	0.337	144	1800	0.533	-1190	634	
	1-5	2.060	0.337	140	1800	0.570	-1190	678	
	1-5	2.060	0.337	141	1800	0.558	-1190	664	
	1-5	2.060	0.337	141	1800	0.558	-1190	664	
	1-5	2.060	0.337	140	1800	0.570	-1190	678	
	2-2	2.060	0.337	148	1800	0.489	-1190	582	
	2-2	2.060	0.337	148	1800	0.489	-1190	582	
	2-2	2.060	0.337	145	1800	0.515	-1190	613	
	2-3	2.060	0.337	156	1800	0.410	-1190	488	
	2-3	2.060	0.337	156	1800	0.410	-1190	488	
	2-3	2.060	0.337	156	1800	0.410	-1190	488	
	2-3	2.060	0.337	156	1800	0.410	-1190	488	
	2-2	2.060	0.337	145	1800	0.515	-1190	613	
	2-2	2.060	0.337	145	1800	0.515	-1190	613	
	2-2	2.060	0.337	148	1800	0.489	-1190	582	
	2-1	2.060	0.337	146	1800	0.509	-1190	605	
	2-1	2.060	0.337	146	1800	0.509	-1190	605	
	2-1	2.060	0.337	146	1800	0.509	-1190	605	
	2-2	2.060	0.337	148	1800	0.489	-1190	582	
	2-2	2.060	0.337	145	1800	0.515	-1190	613	
	2-2	2.060	0.337	145	1800	0.515	-1190	613	
	2-3	2.060	0.337	156	1800	0.410	-1190	488	
	2-3	2.060	0.337	156	1800	0.410	-1190	488	
	2-3	2.060	0.337	156	1800	0.410	-1190	488	
	2-3	2.060	0.337	156	1800	0.410	-1190	488	
	2-2	2.060	0.337	145	1800	0.515	-1190	613	
	2-2	2.060	0.337	145	1800	0.515	-1190	613	
	2-2	2.060	0.337	148	1800	0.489	-1190	582	
	2-1	2.060	0.337	146	1800	0.509	-1190	605	
	2-1	2.060	0.337	146	1800	0.509	-1190	605	
	2-1	2.060	0.337	146	1800	0.509	-1190	605	
	2-2	2.060	0.337	148	1800	0.489	-1190	582	
	2-2	2.060	0.337	145	1800	0.515	-1190	613	
	2-2	2.060	0.337	145	1800	0.515	-1190	613	
	2-3	2.060	0.337	156	1800	0.410	-1190	488	
2-3	2.060	0.337	156	1800	0.410	-1190	488		
2-3	2.060	0.337	156	1800	0.410	-1190	488		
2-3	2.060	0.337	156	1800	0.410	-1190	488		
2-2	2.060	0.337	145	1800	0.515	-1190	613		
2-2	2.060	0.337	148	1800	0.489	-1190	582		
2-2	2.060	0.337	148	1800	0.489	-1190	582		
2-2	2.060	0.337	148	1800	0.489	-1190	582		
1-5	2.060	0.337	140	1800	0.570	-1190	678		

Elemento			L <sub>sol</sub> Trave	h <sub>sol</sub>	Fase t <sub>0</sub>	Trave+dalla	ecc. bar. soletta bar. Trave+SolOm.	Sollec. equiv. da ΔTdiff	
Trave	appoggi	Concio			y <sub>G</sub>	H <sub>tot</sub>	e	N	M
			[m]	[m]	[cm]	[mm]	[m]	[kN]	[kNm]
PILA 4		1-5	2.060	0.337	141	1800	0.558	-1190	664
		1-5	2.060	0.337	141	1800	0.558	-1190	664
		1-5	2.060	0.337	140	1800	0.570	-1190	678
		1-4	2.060	0.337	144	1800	0.533	-1190	634
		1-4	2.060	0.337	141	1800	0.559	-1190	665
		1-4	2.060	0.337	141	1800	0.559	-1190	665
		1-3	2.060	0.337	147	1800	0.495	-1190	590
		1-3	2.060	0.337	147	1800	0.495	-1190	590
		1-3	2.060	0.337	147	1800	0.495	-1190	590
		1-3	2.060	0.337	147	1800	0.495	-1190	590
		1-2	2.060	0.337	147	1800	0.495	-1190	590
		1-2	2.060	0.337	147	1800	0.495	-1190	590
		1-2	2.060	0.337	147	1800	0.495	-1190	590
		1-1	2.060	0.337	156	1800	0.405	-1190	482
SPALLA		1-1	2.060	0.337	156	1800	0.405	-1190	482
		1-1	2.060	0.337	156	1800	0.405	-1190	482

Effetto secondario della variazione termica differenziale.

Oltre all'effetto primario, in strutture iperstatiche si ha un effetto secondario che serve a ripristinare la congruenza violata nel calcolo degli effetti primari.

Al fine di valutare il suindicato effetto è stata applicata alla trave una variazione di temperatura equivalente lineare nello spessore calcolata nel seguente modo:

$$\Delta T_{MP} = \frac{M_{cs}}{E_a I_1} \cdot \frac{h}{\alpha_T}$$

dove:

$I_1$  momento d'inerzia della sezione composta

$\alpha_T$  coefficiente d'espansione termica dell'acciaio

h altezza totale della trave

Si hanno i seguenti  $\Delta T_{MP}$  medi:

	$\Delta T_{MP}$ [°]	Gradiente [°/m]
Travi 1 e 5	6.75	3.3
Travi 2 e 4	4.30	2.3
Travi 3	5.11	2.4

### 6.2.7 Viscosità

Per tener conto della viscosità si ha:

U.R. = 75%

umidità relativa;

$$t_0 = 30 \text{ giorni}$$

$$h_0 = 2 A_c / u = 0.60 \text{ m}$$

$$A_c = 12.40 \times 0.30 = 3.72 \text{ m}^2$$

$$u = 12.4 \text{ m}$$

$$\varphi (\infty - t_0) = 1.80$$

$$E_c = 34625 \text{ MPa}$$

$$E_a = 206000 \text{ MPa}$$

$$E_{c\text{-viscoso}} = E_c / (1 + \varphi) = 12366 \text{ MPa}$$

$$n_0 = E_a / E_c = 5.95$$

$$n_{\infty} = E_a / E_{c\text{-viscoso}} = 16.66$$

Nella relazione, da ora in poi, si adotterà la dizione “a tempo  $t_0$  o a tempo  $t_{\infty}$ ” intendendo che il modulo elastico del calcestruzzo è rispettivamente  $E_c$  o  $E_{c\text{-viscoso}}$  o equivalentemente che il coefficiente di omogeneizzazione vale rispettivamente  $n_0$  o  $n_{\infty}$ .

### 6.2.8 Ritiro della soletta

Il ritiro genera un accorciamento della soletta, che è però contrastato dalla presenza dei connettori. La soletta risulta quindi soggetta ad uno sforzo normale di trazione per accorciamento impedito, che vale:

$$N_{\text{rit}} = - E_{\text{cls}} \times \varepsilon_{\text{cs}} \times A_{\text{cls}}$$

in cui:

$$E_{\text{cls}} = \text{modulo elastico del CLS } (t_{\infty});$$

$$A_{\text{cls}} = h_{\text{sol}} \times L_{\text{trav sol}} \quad \text{area del CLS;}$$

$$\varepsilon_{\text{cd},\infty} = 1.99\text{E-}04 \quad \text{valore medio del ritiro da essiccamento a tempo infinito}$$

$$\varepsilon_{\text{ca},\infty} = 6.84\text{E-}05 \quad \text{valore medio del ritiro autogeno a tempo infinito}$$

$$\varepsilon_{\text{cs},\infty} = 2.68\text{E-}04 \quad \text{valore medio del ritiro a tempo infinito}$$

Dove:

$$\varepsilon_{\text{cd},\infty} = k_h \times \varepsilon_{\text{c0}} \quad \text{valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento (§ 11.2.10.6 NTC18)}$$

$$\varepsilon_{\text{c0}} = 2.85\text{E-}4 \quad \text{deformazione da ritiro per essiccamento (tab. 11.2.Va NTC18)}$$

$$k_h = 0.70 \quad \text{(tab. 11.2.Vb NTC18)}$$

$$\varepsilon_{\text{ca},\infty} = 2.5 (f_{\text{ck}} - 10) 10^{-6} \quad \text{valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno (§ 11.2.10.6 formula 11.2.10 NTC18)}$$

$$\varepsilon_{\text{cs},\infty} = \varepsilon_{\text{cd},\infty} + \varepsilon_{\text{ca},\infty} \quad \text{deformazione totale da ritiro a } t_{\infty}$$



Elemento			L <sub>sol</sub> Trave	h <sub>sol</sub>	Fase t <sub>00</sub>	Trave+dalla	ecc. bar. soletta bar. Trave+SolOm.	Sollec. equiv. da Ritiro	
Trave	appoggi	Concio			y <sub>G</sub>	H <sub>tot</sub>	e	N	M
			[m]	[m]	[cm]	[mm]	[m]	[kN]	[kNm]
PILA 2	2-2	3.110	0.254	115	1800	0.77	-2612	2017	
	2-1	3.110	0.254	115	1800	0.78	-2612	2029	
	2-1	3.110	0.254	115	1800	0.78	-2612	2029	
	2-1	3.110	0.254	115	1800	0.78	-2612	2029	
	2-1	3.110	0.254	115	1800	0.78	-2612	2029	
	2-2	3.110	0.254	115	1800	0.77	-2612	2017	
	2-2	3.110	0.254	108	1800	0.84	-2612	2207	
	2-2	3.110	0.254	108	1800	0.84	-2612	2207	
	2-3	3.110	0.254	123.3	1800	0.69	-2612	1813	
	2-3	3.110	0.254	123.3	1800	0.69	-2612	1813	
	2-3	3.110	0.254	123.3	1800	0.69	-2612	1813	
	2-3	3.110	0.254	123.3	1800	0.69	-2612	1813	
	2-2	3.110	0.254	108.2	1800	0.84	-2612	2207	
	2-2	3.110	0.254	108.2	1800	0.84	-2612	2207	
	2-2	3.110	0.254	115.5	1800	0.77	-2612	2017	
	2-1	3.110	0.254	115.0	1800	0.78	-2612	2029	
	2-1	3.110	0.254	115.0	1800	0.78	-2612	2029	
	2-1	3.110	0.254	115.0	1800	0.78	-2612	2029	
	2-2	3.110	0.254	115.5	1800	0.77	-2612	2017	
	2-2	3.110	0.254	108.2	1800	0.84	-2612	2207	
2-2	3.110	0.254	108.2	1800	0.84	-2612	2207		
2-3	3.110	0.254	123.3	1800	0.69	-2612	1813		
2-3	3.110	0.254	123.3	1800	0.69	-2612	1813		
2-3	3.110	0.254	123.3	1800	0.69	-2612	1813		
2-3	3.110	0.254	123.3	1800	0.69	-2612	1813		
2-2	3.110	0.254	108.2	1800	0.84	-2612	2207		
2-2	3.110	0.254	115.5	1800	0.77	-2612	2017		
2-2	3.110	0.254	115.5	1800	0.77	-2612	2017		
1-5	3.110	0.254	110.7	1800	0.82	-2612	2141		
1-5	3.110	0.254	113.4	1800	0.79	-2612	2072		
1-5	3.110	0.254	113.4	1800	0.79	-2612	2072		
1-5	3.110	0.254	110.7	1800	0.82	-2612	2141		
1-4	3.110	0.254	112.8	1800	0.80	-2612	2087		
1-4	3.110	0.254	106.3	1800	0.86	-2612	2256		
1-4	3.110	0.254	106.3	1800	0.86	-2612	2256		
1-3	3.110	0.254	115.9	1800	0.77	-2612	2006		
1-3	3.110	0.254	115.9	1800	0.77	-2612	2006		
1-3	3.110	0.254	115.9	1800	0.77	-2612	2006		
1-3	3.110	0.254	115.9	1800	0.77	-2612	2006		
1-2	3.110	0.254	115.9	1800	0.77	-2612	2006		
1-2	3.110	0.254	115.9	1800	0.77	-2612	2006		
1-2	3.110	0.254	115.9	1800	0.77	-2612	2006		
1-1	3.110	0.254	125.4	1800	0.67	-2612	1759		
1-1	3.110	0.254	125.4	1800	0.67	-2612	1759		

Elemento			L <sub>sol</sub> Trave	h <sub>sol</sub>	Fase t <sub>oo</sub>	Trave+dalla	ecc. bar. soletta bar. Trave+SolOm.	Sollec. equiv. da Ritiro	
Trave	appoggi	Concio			y <sub>G</sub>	H <sub>tot</sub>	e	N	M
			[m]	[m]	[cm]	[mm]	[m]	[kN]	[kNm]
		1-1	3.110	0.254	125.4	1800	0.67	-2612	1759

TRAVI INTERNE 2 e 4 (caso soletta più fredda della trave):

Elemento			L <sub>sol</sub> Trave	h <sub>sol</sub>	Fase t <sub>oo</sub>	Trave+dalla	ecc. bar. soletta bar. Trave+SolOm.	Sollec. equiv. da Ritiro		
Trave	appoggi	Concio			y <sub>G</sub>	H <sub>tot</sub>	e	N	M	
			[m]	[m]	[cm]	[mm]	[m]	[kN]	[kNm]	
INTERNE (TRAVI 2 e 4)	SPALLA	1-1	2.060	0.300	132.0	1800	0.63	-2045	1287	
		1-1	2.060	0.300	132.0	1800	0.63	-2045	1287	
		1-1	2.060	0.300	132.0	1800	0.63	-2045	1287	
		1-2	2.060	0.300	122.1	1800	0.73	-2045	1490	
		1-2	2.060	0.300	122.1	1800	0.73	-2045	1490	
		1-2	2.060	0.300	122.1	1800	0.73	-2045	1490	
		1-3	2.060	0.300	122.1	1800	0.73	-2045	1490	
		1-3	2.060	0.300	122.1	1800	0.73	-2045	1490	
		1-3	2.060	0.300	122.1	1800	0.73	-2045	1490	
		1-3	2.060	0.300	122.1	1800	0.73	-2045	1490	
		1-4	2.060	0.300	113.1	1800	0.82	-2045	1676	
		1-4	2.060	0.300	113.1	1800	0.82	-2045	1676	
	PILA 1	1-5	2.060	0.300	116.3	1800	0.79	-2045	1610	
		1-5	2.060	0.300	118.7	1800	0.76	-2045	1560	
		1-5	2.060	0.300	118.7	1800	0.76	-2045	1560	
		1-5	2.060	0.300	116.3	1800	0.79	-2045	1610	
		2-2	2.060	0.300	122.2	1800	0.73	-2045	1489	
		2-2	2.060	0.300	122.2	1800	0.73	-2045	1489	
		2-2	2.060	0.300	115.8	1800	0.79	-2045	1620	
		2-3	2.060	0.300	130.4	1800	0.65	-2045	1322	
		2-3	2.060	0.300	130.4	1800	0.65	-2045	1322	
		2-3	2.060	0.300	130.4	1800	0.65	-2045	1322	
		2-3	2.060	0.300	130.4	1800	0.65	-2045	1322	
		2-2	2.060	0.300	115.8	1800	0.79	-2045	1620	
		2-2	2.060	0.300	115.8	1800	0.79	-2045	1620	
		2-2	2.060	0.300	122.2	1800	0.73	-2045	1489	
		PILA 2	2-1	2.060	0.300	121.3	1800	0.74	-2045	1508
			2-1	2.060	0.300	121.3	1800	0.74	-2045	1508
			2-1	2.060	0.300	121.3	1800	0.74	-2045	1508
			2-2	2.060	0.300	122.2	1800	0.73	-2045	1489
2-2	2.060		0.300	115.8	1800	0.79	-2045	1620		
2-2	2.060		0.300	115.8	1800	0.79	-2045	1620		
2-3	2.060		0.300	130.4	1800	0.65	-2045	1322		
2-3	2.060		0.300	130.4	1800	0.65	-2045	1322		
2-3	2.060		0.300	130.4	1800	0.65	-2045	1322		

Elemento			L <sub>sol</sub> Trave	h <sub>sol</sub>	Fase t <sub>oo</sub>	Trave+dalla	ecc. bar. soletta bar. Trave+SolOm.	Sollec. equiv. da Ritiro			
Trave	appoggi	Concio			y <sub>G</sub>	H <sub>tot</sub>	e	N	M		
			[m]	[m]	[cm]	[mm]	[m]	[kN]	[kNm]		
PILA 3		2-3	2.060	0.300	130.4	1800	0.65	-2045	1322		
		2-2	2.060	0.300	115.8	1800	0.79	-2045	1620		
		2-2	2.060	0.300	115.8	1800	0.79	-2045	1620		
		2-2	2.060	0.300	122.2	1800	0.73	-2045	1489		
		2-1	2.060	0.300	121.3	1800	0.74	-2045	1508		
		2-1	2.060	0.300	121.3	1800	0.74	-2045	1508		
		2-1	2.060	0.300	121.3	1800	0.74	-2045	1508		
		2-1	2.060	0.300	121.3	1800	0.74	-2045	1508		
		2-2	2.060	0.300	122.2	1800	0.73	-2045	1489		
		2-2	2.060	0.300	115.8	1800	0.79	-2045	1620		
		2-2	2.060	0.300	115.8	1800	0.79	-2045	1620		
		2-3	2.060	0.300	130.4	1800	0.65	-2045	1322		
		2-3	2.060	0.300	130.4	1800	0.65	-2045	1322		
		2-3	2.060	0.300	130.4	1800	0.65	-2045	1322		
		2-3	2.060	0.300	130.4	1800	0.65	-2045	1322		
		2-2	2.060	0.300	115.8	1800	0.79	-2045	1620		
		2-2	2.060	0.300	122.2	1800	0.73	-2045	1489		
		2-2	2.060	0.300	122.2	1800	0.73	-2045	1489		
		PILA 4		1-5	2.060	0.300	116.3	1800	0.79	-2045	1610
				1-5	2.060	0.300	118.7	1800	0.76	-2045	1560
1-5	2.060			0.300	118.7	1800	0.76	-2045	1560		
1-5	2.060			0.300	116.3	1800	0.79	-2045	1610		
1-4	2.060			0.300	118.9	1800	0.76	-2045	1557		
1-4	2.060			0.300	113.1	1800	0.82	-2045	1676		
1-4	2.060			0.300	113.1	1800	0.82	-2045	1676		
1-3	2.060			0.300	122.1	1800	0.73	-2045	1490		
1-3	2.060			0.300	122.1	1800	0.73	-2045	1490		
1-3	2.060			0.300	122.1	1800	0.73	-2045	1490		
SPALLA		1-3	2.060	0.300	122.1	1800	0.73	-2045	1490		
		1-2	2.060	0.300	122.1	1800	0.73	-2045	1490		
		1-2	2.060	0.300	122.1	1800	0.73	-2045	1490		
		1-2	2.060	0.300	122.1	1800	0.73	-2045	1490		
		1-1	2.060	0.300	132.0	1800	0.63	-2045	1287		
		1-1	2.060	0.300	132.0	1800	0.63	-2045	1287		
		1-1	2.060	0.300	132.0	1800	0.63	-2045	1287		

TRAVE INTERNA 3 (caso soletta più fredda della trave):

Elemento			L <sub>sol</sub> Trave	h <sub>sol</sub>	Fase t <sub>oo</sub>	Trave+dalla	ecc. bar. soletta bar. Trave+SolOm.	Sollec. equiv. da Ritiro	
Trave	appoggi	Concio			y <sub>G</sub>	H <sub>tot</sub>	e	N	M
			[m]	[m]	[cm]	[mm]	[m]	[kN]	[kNm]
TRAVE INTERNA 3)	SPALLA	1-1	2.060	0.337	132.0	1800	0.65	-2297	1489
		1-1	2.060	0.337	132.0	1800	0.65	-2297	1489
		1-1	2.060	0.337	132.0	1800	0.65	-2297	1489



Elemento			L <sub>sol</sub> Trave	h <sub>sol</sub>	Fase t <sub>oo</sub>	Trave+dalla	ecc. bar. soletta bar. Trave+SolOm.	Sollec. equiv. da Ritiro	
Trave	appoggi	Concio			y <sub>G</sub>	H <sub>tot</sub>	e	N	M
			[m]	[m]	[cm]	[mm]	[m]	[kN]	[kNm]
PILA 4		2-3	2.060	0.337	130.4	1800	0.66	-2297	1527
		2-3	2.060	0.337	130.4	1800	0.66	-2297	1527
		2-3	2.060	0.337	130.4	1800	0.66	-2297	1527
		2-3	2.060	0.337	130.4	1800	0.66	-2297	1527
		2-2	2.060	0.337	115.8	1800	0.81	-2297	1862
		2-2	2.060	0.337	122.2	1800	0.75	-2297	1715
		2-2	2.060	0.337	122.2	1800	0.75	-2297	1715
		1-5	2.060	0.337	116.3	1800	0.81	-2297	1851
		1-5	2.060	0.337	118.7	1800	0.78	-2297	1795
		1-5	2.060	0.337	118.7	1800	0.78	-2297	1795
		1-5	2.060	0.337	116.3	1800	0.81	-2297	1851
		1-4	2.060	0.337	118.9	1800	0.78	-2297	1791
		1-4	2.060	0.337	113.1	1800	0.84	-2297	1925
		1-4	2.060	0.337	113.1	1800	0.84	-2297	1925
		1-3	2.060	0.337	122.1	1800	0.75	-2297	1717
		1-3	2.060	0.337	122.1	1800	0.75	-2297	1717
		1-3	2.060	0.337	122.1	1800	0.75	-2297	1717
		1-3	2.060	0.337	122.1	1800	0.75	-2297	1717
		1-2	2.060	0.337	122.1	1800	0.75	-2297	1717
		1-2	2.060	0.337	122.1	1800	0.75	-2297	1717
SPALLA		1-1	2.060	0.337	132.0	1800	0.65	-2297	1489
		1-1	2.060	0.337	132.0	1800	0.65	-2297	1489
		1-1	2.060	0.337	132.0	1800	0.65	-2297	1489

Effetto secondario del ritiro.

Oltre all'effetto primario, in strutture iperstatiche si ha un effetto secondario che serve a ripristinare la congruenza violata nel calcolo degli effetti primari.

Al fine di valutare il suindicato effetto è stata applicata alla trave una variazione di temperatura equivalente lineare nello spessore calcolata nel seguente modo:

$$\Delta T_{MP} = \frac{M_{cs}}{E_a I_1} \cdot \frac{h}{\alpha_T}$$

dove:

I<sub>1</sub> momento d'inerzia della sezione composta

α<sub>T</sub> coefficiente d'espansione termica dell'acciaio

h altezza totale della trave

Si hanno i seguenti ΔT<sub>MP</sub> medi:

	$\Delta T_{MP}$ [°]	Gradiente [°/m]
Travi 1 e 5	24.07	11.7
Travi 2 e 4	16.56	7.9
Travi 3	19.42	9.1

### 6.2.9 Azione sismica

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

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

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

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_{c^*}$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli spettri di risposta di progetto sono stati definiti per tutti gli stati limite considerati, e, note la latitudine e la longitudine del sito, si sono ricavati i valori dei parametri necessari alla definizione dell’azione sismica e quindi del relativo spettro di risposta. Più avanti sono indicati i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_{c^*}$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Si riportano di seguito i vari parametri.

[ anni ]	[ g ]	[ / ]	[ s ]
$T_R$	$a_g$	$F_0$	$T_{c^*}$
30	0.025	2.460	0.180
50	0.035	2.553	0.205
72	0.044	2.577	0.229
101	0.054	2.578	0.239
140	0.067	2.528	0.255
201	0.084	2.481	0.266
475	0.132	2.424	0.283
975	0.180	2.459	0.298
2475	0.261	2.488	0.319

**Vita nominale e classe d'uso**

[ anni ]	[ / ]	[ / ]	[ / ]
$V_n$	Classe <sub>uso</sub>	$C_u$	$V_R$
75	3	1.5	112.5

**Terreno e topografia**

[ / ]	[ / ]
Terreno	Cat. Topografica
E	T1

**Fattore di struttura**

[ / ]	[ / ]
$q_{orizz}$	$q_{vert}$
1	1

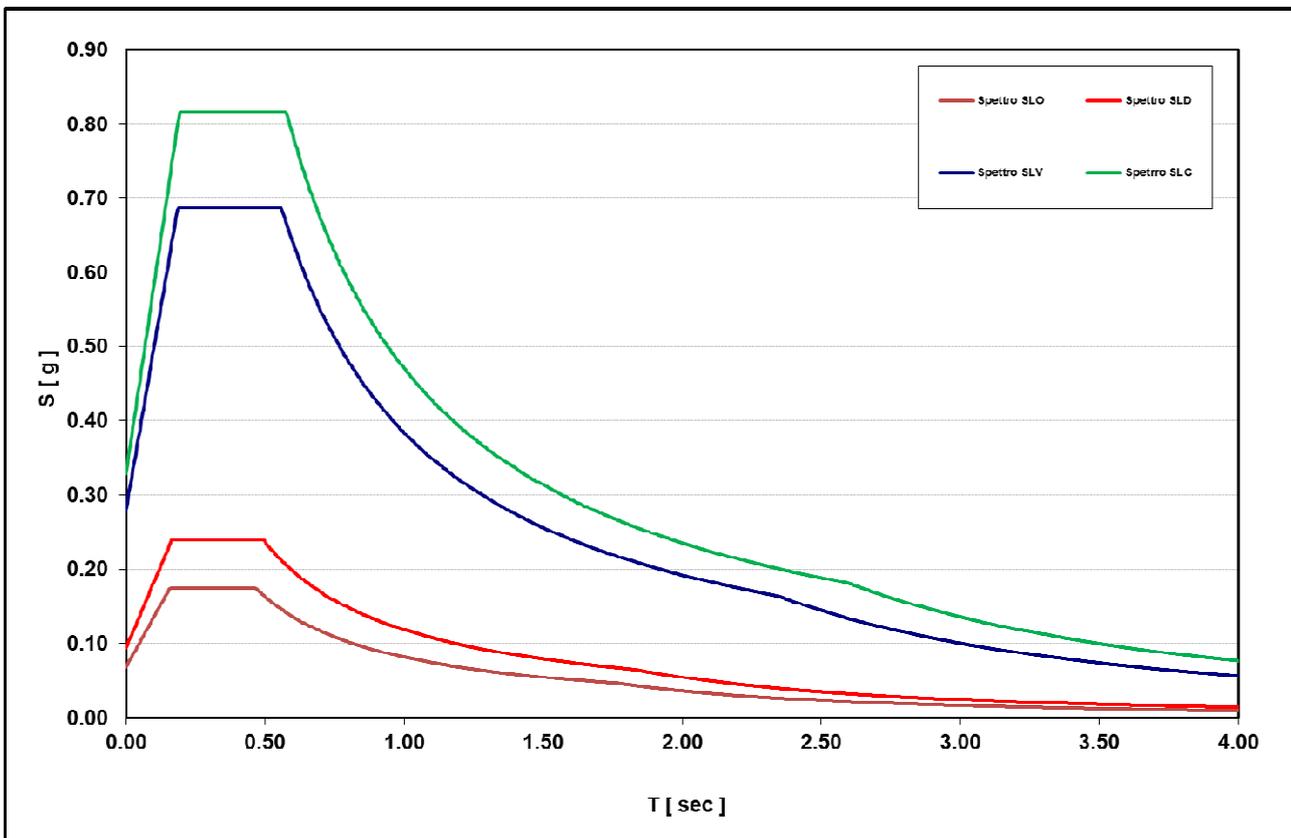


Figura 2 – Spettri elastici – Sisma Orizzontale

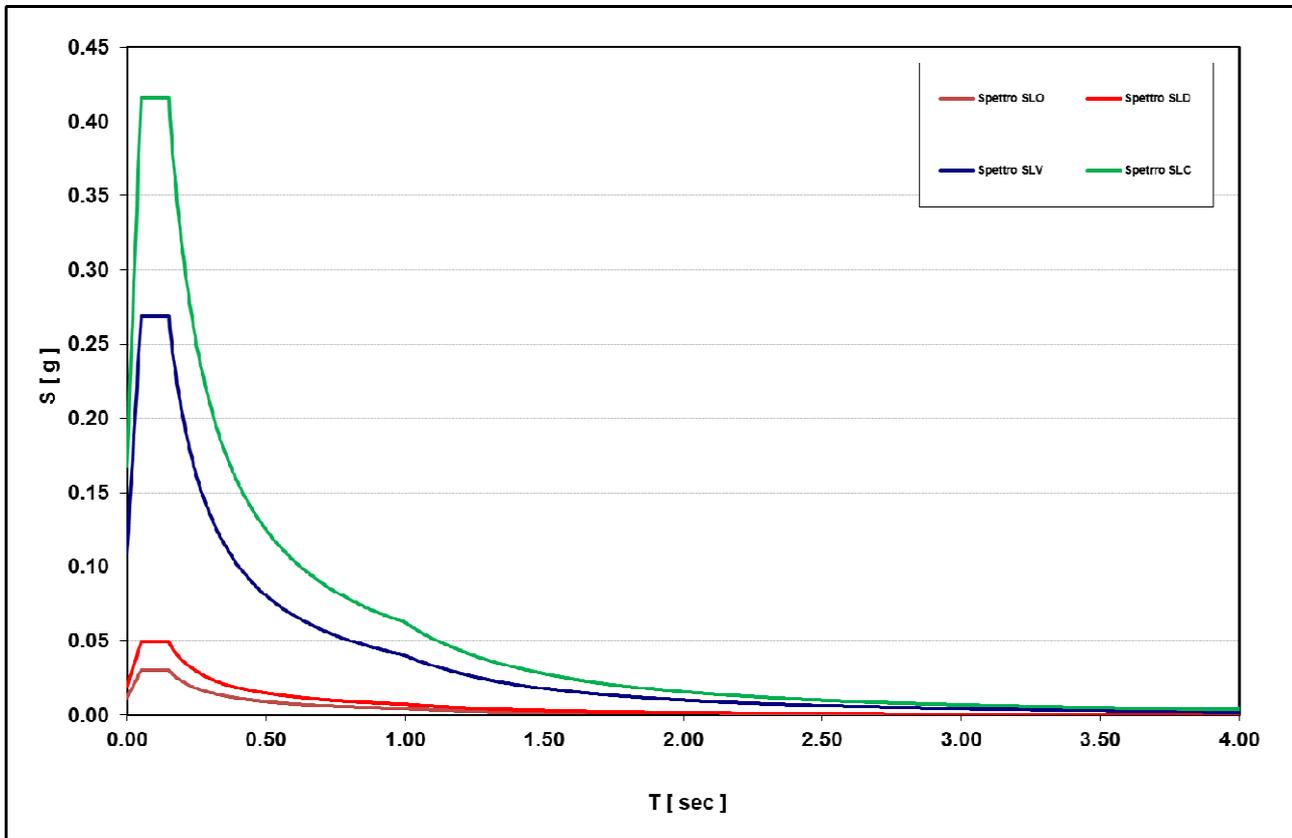


Figura 3 – Spettri elastici – Sisma Verticale

## 7 GRUPPI DI AZIONI

Sono stati definiti tre gruppi di azioni in accordo alla tabella 5.1.V del DM 17/01/2018.

Gruppo di azione 1:

- schema di carico 1: al valore caratteristico
- schema di carico 5 al valore di 2.5 kN/mq

Gruppo di azione 2a:

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

Gruppo di azione 2b:

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

## 8 COMBINAZIONI DI CARICO

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

		Coefficiente	EQU <sup>ad</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

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

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

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

**Combinazioni allo SLU**

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Gruppo azione 1	Gruppo azione 2a	Gruppo azione 2b	Vento	Effetti termici	Viscosità e ritiro
SLU 1	1.35	1.5	1.35	-	-	0.9	0.9	1.2
SLU 2	1.35	1.5	-	1.35	-	0.9	0.9	1.2
SLU 3	1.35	1.5	-	-	1.35	0.9	0.9	1.2

**Combinazioni allo SLE RARA**

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Gruppo azione 1	Gruppo azione 2a	Gruppo azione 2b	Vento	Effetti termici	Viscosità e ritiro
RARA 1	1	1	1	-	-	0.6	0.6	1
RARA 2	1	1	-	1	-	0.6	0.6	1
RARA 3	1	1	-	-	1	0.6	0.6	1

**Combinazioni allo SLE FREQUENTE**

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Schema di carico $q_k$	Schema di carico $Q_k$	Effetti termici	Viscosità e ritiro
FREQUENTE	1	1	0.4	0.75	0.6	1

**Combinazioni allo SLE QUASI PERMANENE**

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

**Combinazioni SISMICHE**

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Ritiro	Carichi Mobili	Effetti termici	Spettro orizz. X	Spettro orizz. Y	Spettro vert. Z
SISMA X	1	1	1	0.2	0.5	1	0.3	0.3
SISMA Y	1	1	1	0.2	0.5	0.3	1	0.3
SISMA Z	1	1	1	0.2	0.5	0.3	0.3	1

## 9 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE SEZIONI

### 9.1 Valutazione della larghezza collaborante

La determinazione della soletta collaborante è stata effettuata nel rispetto di quanto previsto dal § 4.3.2.3 del DM 17/01/2018:

La distribuzione delle tensioni normali negli elementi composti deve essere determinata mediante un modello che tenga conto della diffusione degli sforzi nelle ali della trave metallica e nella soletta in calcestruzzo.

La larghezza efficace,  $b_{eff}$ , di una soletta in calcestruzzo può essere determinata mediante l'espressione:

$$b_{eff} = b_0 + b_{e1} + b_{e2} \quad [4.3.2]$$

dove  $b_0$  è la distanza tra gli assi dei connettori e  $b_{ei} = \min(L_e/8, b_i)$  è il valore della larghezza collaborante da ciascun lato della sezione composta (vedi fig. 4.3.1).

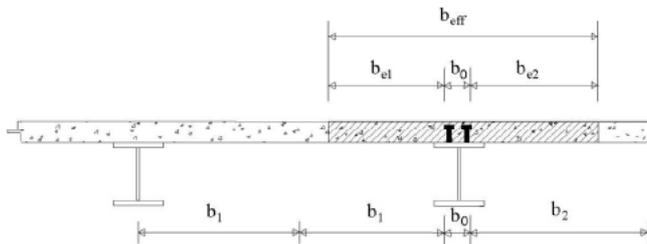


Fig. 4.3.1 - Definizione della larghezza efficace  $b_{eff}$  e delle aliquote  $b_{ei}$

$L_e$  indica approssimativamente la distanza tra due punti di nullo del diagramma dei momenti. Nel caso di travi continue con flessione determinata prevalentemente da carichi distribuiti uniformi si possono utilizzare le indicazioni di Fig.4.3.2

Per gli appoggi di estremità la formula diviene:

$$b_{eff} = b_0 + \beta_1 b_{e-1} + \beta_2 b_{e-2} \quad [4.3.3]$$

dove  $\beta_i = \left( 0,55 + 0,025 \cdot \frac{L_e}{b_{eff,i}} \right) \leq 1,0$

essendo  $L_e$  e  $b_{eff,i}$  relativi alla campata di estremità.

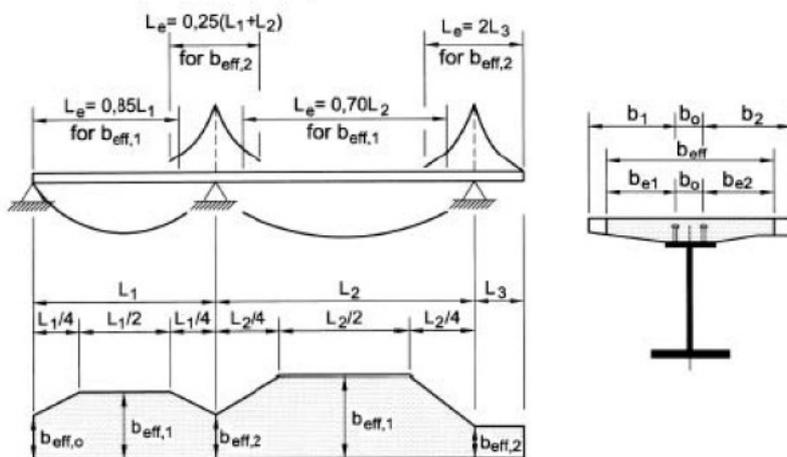
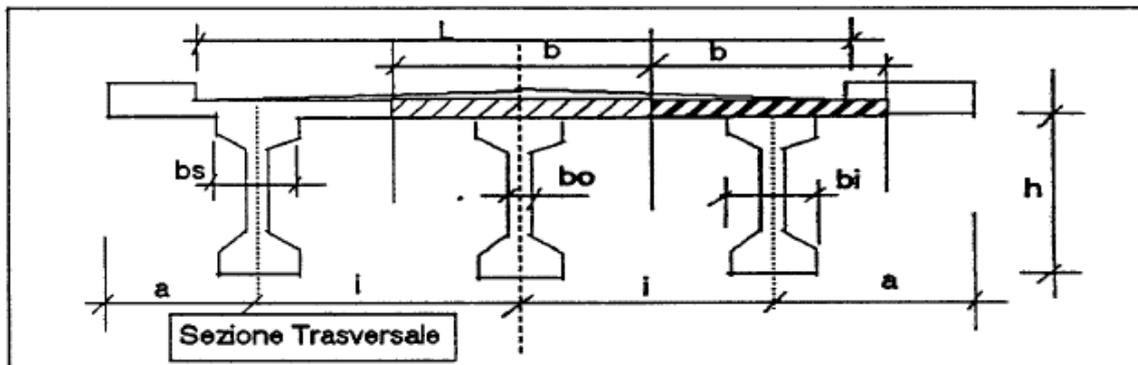


Fig. 4.3.2 - Larghezza efficace,  $b_{eff}$ , e luci equivalenti,  $L_e$ , per le travi continue

Inoltre sono stati rispettati i seguenti limiti:



Travi interne  $b = i$

Travi di riva:  $b = i/2 + a/2$

	Luce (m)	Sbalzo lato sx (m)	Sbalzo lato dx (m)	Interasse travi (m)	Le (m)	Le/8 (m)
Appoggio estremità		2.08	2.06	2.06	37.0	4.6
Campata 1	43.5	2.08	2.06	2.06	37.0	4.6
Appoggio intermedio		2.08	2.06	2.06	21.8	2.7
Campata 2-3-4	43.5	2.08	2.06	2.06	30.5	3.8
Appoggio intermedio		2.08	2.06	2.06	21.8	2.7
Campata 5	43.5	2.08	2.06	2.06	37.0	4.6
Appoggio estremità		2.08	2.06	2.06	37.0	4.6

Travi esterni:

	$b_0$ (m)	$b_1$ (m)	$b_2$ (m)	$b_{e1}$ (m)	$b_{e2}$ (m)	$\beta_1$	$\beta_2$	$b_{eff}$ (m)	$i$ (m)	$a$ (m)	$i/2+a/2$ (m)	$b_{eff}$ (m)
Appoggio estremità $b_{eff,0}$	0.5	1.83	0.78	1.83	0.78	1	1	<b>3.11</b>	2.06	2.08	2.07	<b>2.07</b>
Campata 1 $b_{eff,1}$	0.5	1.83	0.78	1.83	0.78	1	1	<b>3.11</b>	2.06	2.08	2.07	<b>2.07</b>
Appoggio intermedio $b_{eff,2}$	0.5	1.83	0.78	1.83	0.78	1	1	<b>3.11</b>	2.06	2.08	2.07	<b>2.07</b>
Campata 2-3-4 $b_{eff,1}$	0.5	1.83	0.78	1.83	0.78	1	1	<b>3.11</b>	2.06	2.08	2.07	<b>2.07</b>
Appoggio intermedio $b_{eff,2}$	0.5	1.83	0.78	1.83	0.78	1	1	<b>3.11</b>	2.06	2.08	2.07	<b>2.07</b>
Campata 5 $b_{eff,1}$	0.5	1.83	0.78	1.83	0.78	1	1	<b>3.11</b>	2.06	2.08	2.07	<b>2.07</b>
Appoggio estremità $b_{eff,0}$	0.5	1.83	0.78	1.83	0.78	1	1	<b>3.11</b>	2.06	2.08	2.07	<b>2.07</b>

Travi interne:

	$b_0$ (m)	$b_1$ (m)	$b_2$ (m)	$b_{e1}$ (m)	$b_{e2}$ (m)	$\beta_1$	$\beta_2$	$b_{eff}$ (m)	$i$ (m)	$b_{eff}$ (m)
Appoggio estremità $b_{eff,0}$	0.5	0.78	0.78	0.78	0.78	1	1	<b>2.06</b>	2.06	<b>2.06</b>
Campata 1 $b_{eff,1}$	0.5	0.78	0.78	0.78	0.78	1	1	<b>2.06</b>	2.06	<b>2.06</b>

Appoggio intermedio	$b_{eff,2}$	0.5	0.78	0.78	0.78	0.78	1	1	<b>2.06</b>	2.06	<b>2.06</b>
Campata 2-3-4	$b_{eff,1}$	0.5	0.78	0.78	0.78	0.78	1	1	<b>2.06</b>	2.06	<b>2.06</b>
Appoggio intermedio	$b_{eff,2}$	0.5	0.78	0.78	0.78	0.78	1	1	<b>2.06</b>	2.06	<b>2.06</b>
Campata 5	$b_{eff,1}$	0.5	0.78	0.78	0.78	0.78	1	1	<b>2.06</b>	2.06	<b>2.06</b>
Appoggio estremità	$b_{eff,0}$	0.5	0.78	0.78	0.78	0.78	1	1	<b>2.06</b>	2.06	<b>2.06</b>

## 9.2 Caratteristiche meccaniche delle travi

Le caratteristiche meccaniche, inserite nel programma di calcolo per determinare le sollecitazioni indotte sul ponte, sono state determinate come di seguito.

Si riportano per ciascuna sezione:

- A           [m<sup>2</sup>] area
- $Y_G$        [m] quota baricentro rispetto all'intradosso trave
- $J_V$        [m<sup>4</sup>] momento d'inerzia verticale
- $J_o$        [m<sup>4</sup>] momento d'inerzia orizzontale
- $J_{trs}$       [m<sup>4</sup>] momento d'inerzia torsionale
- $A_{tv}$      [m<sup>2</sup>] area a taglio verticale
- $A_{to}$      [m<sup>2</sup>] area a taglio orizzontale

nelle 4 differenti configurazioni:

- fase 1:       solo trave d'acciaio;
- fase 2  $T_o$ :   trave d'acciaio più soletta omogeneizzata a tempo t zero;
- fase 2  $T_{oo}$ :   trave d'acciaio più soletta omogeneizzata a tempo t infinito.
- fase 2 SNR:   trave d'acciaio ed armature a tempo t zero/infinito (senza soletta)

dove la sigla SNR significa "soletta non reagente". Non si è differenziato tra  $T_{oo}$  e  $T_o$  nel caso SNR, in quanto in assenza di soletta i coefficienti di omogeneizzazione a  $T_o$  e  $T_{oo}$  non producono alcuna differenza.

Il calcolo delle tensioni è stato inizialmente condotto nell'ipotesi di calcestruzzo reagente; per tutte le sezioni per le quali il cls è risultato teso, il calcolo è stato poi ripetuto con i moduli di resistenza SNR.

Nell'omogeneizzazione della sezione, ai fini del calcolo delle sollecitazioni sull'impalcato, si è considerato il contributo delle armature, dello spessore della soletta e delle predalles.

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

- A           [m<sup>2</sup>] area
- $Y_G$        [m] quota baricentro rispetto all'intradosso trave

- $J_v$  [m<sup>4</sup>] momento d'inerzia verticale
- $W_{csup}$  [m<sup>3</sup>] modulo di resistenza per flessione dell'estradosso della trave d'acciaio
- $W_{cinf}$  [m<sup>3</sup>] modulo di resistenza per flessione dell'intradosso della trave d'acciaio
- $W_{asup}$  [m<sup>3</sup>] modulo di resistenza per flessione dell'estradosso della soletta
- $W_{ainf}$  [m<sup>3</sup>] modulo di resistenza per flessione dell'intradosso della soletta
- $W_{\phi sup}$  [m<sup>3</sup>] modulo di resistenza per flessione del 1° strato di armature
- $W_{\phi inf}$  [m<sup>3</sup>] modulo di resistenza per flessione del 2° strato di armature
- $A_t$  [m<sup>2</sup>] area a taglio per il calcolo della  $\tau$  media della trave d'acciaio
- $B_{pioli}$  [m<sup>-1</sup>] modulo per il calcolo dello scorrimento tra soletta e trave d'acciaio (S/J).

### 9.2.1 Parametri in prima fase

Trave	Sezione tipo	$A_a$	$y_G$	$J_v$	$W_{a,sup}$	$W_{a,inf}$	$A_{taglio,v}$
		[cm <sup>2</sup> ]	[cm]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]
ESTERNA	1-1	671	83	83	35804	-39280	346
	1-2	891	80	80	54728	-65261	257
	1-3	891	80	80	54728	-65261	257
	1-4	920	67	67	43315	-69701	343
	1-5	1105	72	72	54976	-79313	426
	2-2	734	60	60	31142	-59639	258
	2-3	719	68	68	35218	-55298	258
	2-1	847	67	67	38612	-62643	344
INTERNA	1-1	671	83	83	35804	-39280	346
	1-2	891	80	80	54728	-65261	257
	1-3	891	80	80	54728	-65261	257
	1-4	920	67	67	43315	-69701	343
	1-5	1105	72	72	54976	-79313	426
	2-2	734	60	60	31142	-59639	258
	2-3	719	68	68	35218	-55298	258
	2-1	847	67	67	38612	-62643	344

### 9.2.2 Parametri in seconda fase - To

L'armatura in direzione longitudinale della soletta risulta pari a:

in corrispondenza delle pile P1 e P4 (Arm. Tipo 1):

superiore:  $\phi 26/10$  (L=8.70m lato spalla + L=13.05m lato opposto) (Arm. Tipo 1a)

inferiore:  $\phi 26/10$  (L=8.70m lato spalla + L=13.05m lato opposto) (Arm. Tipo 1a)

centrale:  $\phi 26/10$  (L=8.70m centrato sulla pila) (Arm. Tipo 1b)

in corrispondenza delle pile P2 e P3 (Arm. Tipo 2):

superiore:  $\phi 26/10$  (L=17.40 centrato sulla pila)

inferiore:  $\phi 26/10$  (L=17.40 centrato sulla pila)

altrove (Arm. Tipo 3):

 superiore:  $\phi 26/20$ 

 inferiore:  $\phi 26/20$ 

Trave	Sez. Tipo	A	YG	J <sub>v</sub>	W <sub>c,sup</sub>	W <sub>c,inf</sub>	W <sub>a,sup</sub>	W <sub>a,inf</sub>	W <sub>φ,sup</sub>	W <sub>φ,inf</sub>	A <sub>taglio,V</sub>	B <sub>pioli</sub>
		[cm <sup>2</sup> ]	[cm]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>-1</sup> ]					
ESTERNA	1-1 - Arm.3	1651	148	8054636	842278	1502507	299502	-54384	160472	220112	346	0.005
	1-2 - Arm.3	1870	139	11170905	1003767	1612693	308499	-80488	187713	243319	257	0.005
	1-3 - Arm.3	1870	139	11170905	1003767	1612693	308499	-80488	187713	243319	257	0.005
	1-4 - Arm.3	1900	132	12176650	988316	1499869	281217	-92457	182833	229749	343	0.005
	1-4 - Arm.1a	2010	135	12553300	1066474	1658576	313604	-93008	198223	252433	343	0.005
	1-5 - Arm.1a	2195	132	13724848	1111685	1685299	315870	-104333	205613	258224	426	0.005
	1-5 - Arm.1a+1b	2250	133	13924031	1151155	1763969	331826	-104662	213356	269522	426	0.004
	2-2 - Arm.1a	1823	139	11305270	1020403	1643900	314783	-81283	190921	247844	258	0.004
	2-2 - Arm.3	1713	136	10978842	942839	1475189	279522	-80892	175445	224162	258	0.005
	2-3 - Arm.3	1698	140	10220029	932547	1512478	290335	-73105	174699	227614	258	0.005
	2-2 - Arm.2	1823	139	11305270	1020403	1643900	314783	-81283	190921	247844	258	0.004
	2-1 - Arm.2	1937	137	11749863	1033820	1640273	312351	-85527	192882	248320	344	0.005
INTERNA	1-1 - Arm.3	1902	156	8900741	945114	2241051	477789	-56921	180436	314192	346	0.005
	1-2 - Arm.3	2122	147	12307917	1124855	2239502	444381	-83555	210764	329117	257	0.005
	1-3 - Arm.3	2122	147	12307917	1124855	2239502	444381	-83555	210764	329117	257	0.005
	1-4 - Arm.3	2151	141	13553117	1128138	2063584	397755	-96172	209237	309615	343	0.005
	1-4 - Arm.1a	2261	144	13871801	1198709	2264290	441105	-96633	223206	337121	343	0.005
	1-5 - Arm.1a	2446	140	15177713	1244328	2248027	431582	-108542	230428	338278	426	0.005
	1-5 - Arm.1a+1b	2500	141	15347688	1280012	2345192	452272	-108798	237453	351732	426	0.005
	2-2 - Arm.1a	2074	148	12472210	1151140	2314509	460919	-84306	215934	339293	258	0.005
	2-2 - Arm.3	1965	145	12202240	1082055	2092664	410980	-83974	202055	309776	258	0.005
	2-3 - Arm.3	1950	149	11311923	1060389	2166306	433969	-75953	199272	316274	258	0.005
	2-2 - Arm.2	2074	148	12472210	1151140	2314509	460919	-84306	215934	339293	258	0.005
	2-1 - Arm.2	2188	146	12981266	1162644	2269713	447221	-88929	217345	335204	344	0.005

### 9.2.3 Parametri in seconda fase - Too

Trave	Sez. Tipo	A	YG	J <sub>v</sub>	W <sub>c,sup</sub>	W <sub>c,inf</sub>	W <sub>a,sup</sub>	W <sub>a,inf</sub>	W <sub>φ,sup</sub>	W <sub>φ,inf</sub>	A <sub>taglio,V</sub>	B <sub>pioli</sub>
		[cm <sup>2</sup> ]	[cm]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>-1</sup> ]					
ESTERNA	1-1 - Arm.3	1092	125	6358956	1330185	1938855	128115	-50723	87187	107171	346	0.004
	1-2 - Arm.3	1311	116	8840625	1652513	2296833	149541	-76290	107265	128463	257	0.005
	1-3 - Arm.3	1311	116	8840625	1652513	2296833	149541	-76290	107265	128463	257	0.005
	1-4 - Arm.3	1341	106	9218213	1556437	2084681	134257	-86687	100241	117638	343	0.004

Trave	Sez. Tipo	A	y <sub>G</sub>	J <sub>v</sub>	W <sub>c,sup</sub>	W <sub>c,inf</sub>	W <sub>a,sup</sub>	W <sub>a,inf</sub>	W <sub>φ,sup</sub>	W <sub>φ,inf</sub>	A <sub>taglio,V</sub>	B <sub>pioli</sub>
		[cm <sup>2</sup> ]	[cm]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>-1</sup> ]					
	1-4 - Arm.1a	1450	113	9960046	1799389	2468731	160110	-88304	116482	138512	343	0.004
	1-5 - Arm.1a	1635	111	10908091	1927130	2622440	169669	-98529	124535	147426	426	0.004
	1-5 - Arm.1a+1b	1690	113	11263791	2047720	2816023	182761	-99355	132622	157908	426	0.003
	2-2 - Arm.1a	1264	115	8974941	1669633	2316329	150726	-77735	108334	129612	258	0.003
	2-2 - Arm.3	1154	108	8273692	1423999	1919908	123881	-76458	91841	108171	258	0.004
	2-3 - Arm.3	1139	114	7875437	1440518	1985574	128953	-69126	93342	111279	258	0.004
	2-2 - Arm.2	1264	115	8974941	1669633	2316329	150726	-77735	108334	129612	258	0.003
	2-1 - Arm.2	1377	115	9332378	1727498	2392002	155560	-81145	112044	133909	344	0.004
INTERNA	1-1 - Arm.3	1181	132	6994954	1450197	2430094	162862	-52972	94975	132857	346	0.005
	1-2 - Arm.3	1401	122	9632603	1777472	2772539	182175	-78875	115256	153935	257	0.005
	1-3 - Arm.3	1401	122	9632603	1777472	2772539	182175	-78875	115256	153935	257	0.005
	1-4 - Arm.3	1430	113	10175380	1706136	2531813	164252	-90008	109826	142016	343	0.004
	1-4 - Arm.1a	1539	119	10873186	1936942	2963851	193775	-91458	125249	165215	343	0.004
	1-5 - Arm.1a	1724	116	11864803	2055784	3100740	201982	-102056	132654	173356	426	0.004
	1-5 - Arm.1a+1b	1779	119	12203585	2169951	3317168	216820	-102797	140296	184947	426	0.004
	2-2 - Arm.1a	1353	122	9834106	1816484	2834990	186306	-80465	117795	157384	258	0.004
	2-2 - Arm.3	1244	116	9188119	1584376	2383910	155193	-79348	102199	133346	258	0.004
	2-3 - Arm.3	1229	121	8691765	1587380	2461866	161518	-71722	102845	136850	258	0.004
	2-2 - Arm.2	1353	122	9834106	1816484	2834990	186306	-80465	117795	157384	258	0.004
	2-1 - Arm.2	1466	121	10204031	1865301	2894378	189920	-84142	120861	160876	344	0.004

#### 9.2.4 Parametri in seconda fase – SNR (soletta non reagente)

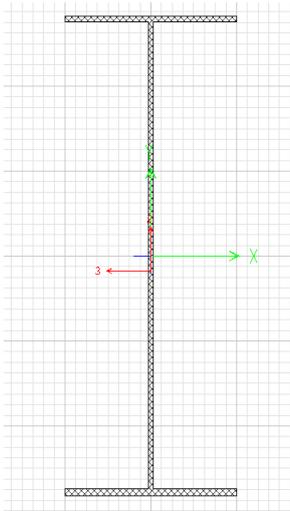
Trave	Sez. Tipo	A	y <sub>G</sub>	J <sub>v</sub>	W <sub>c,sup</sub>	W <sub>c,inf</sub>	W <sub>a,sup</sub>	W <sub>a,inf</sub>	W <sub>□,sup</sub>	W <sub>□,inf</sub>	A <sub>taglio,V</sub>	B <sub>pioli</sub>
		[cm <sup>2</sup> ]	[cm]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>-1</sup> ]					
ESTERNA	1-1 - Arm.3	781	99	4385620	-	-	57447	-44453	44014	50971	346	0.003
	1-2 - Arm.3	1000	92	6434469	-	-	77607	-69872	60582	69479	257	0.004
	1-3 - Arm.3	1000	92	6434469	-	-	77607	-69872	60582	69479	257	0.004
	1-4 - Arm.3	1030	80	6200183	-	-	65507	-77164	52566	59417	343	0.003
	1-4 - Arm.1a	1140	91	7432260	-	-	88552	-81612	69311	79378	343	0.002
	1-5 - Arm.1a	1325	92	8326413	-	-	99754	-90968	77985	89369	426	0.002
	1-5 - Arm.1a+1b	1380	96	8864386	-	-	111575	-92770	86274	99435	426	0.002
	2-2 - Arm.1a	953	90	6513835	-	-	76949	-72096	60341	69038	258	0.002
	2-2 - Arm.3	843	77	5237575	-	-	53536	-67873	43238	48707	258	0.002
	2-3 - Arm.3	828	84	5222194	-	-	57680	-61828	45874	52099	258	0.003
	2-2 - Arm.2	843	77	5237575	-	-	53536	-67873	43238	48707	258	0.002
	2-1 - Arm.2	1067	92	6907473	-	-	83669	-74722	65253	74872	344	0.002
INTERNA	1-1 - Arm.3	780	99	4464507	-	-	58831	-45044	41886	52164	346	0.003
	1-2 - Arm.3	1000	92	6518041	-	-	78951	-70510	57550	70650	257	0.003
	1-3 - Arm.3	1000	92	6518041	-	-	78951	-70510	57550	70650	257	0.003
	1-4 - Arm.3	1029	81	6291953	-	-	66713	-77981	50330	60491	343	0.003

Trave	Sez. Tipo	A	y <sub>G</sub>	J <sub>v</sub>	W <sub>c,sup</sub>	W <sub>c,inf</sub>	W <sub>a,sup</sub>	W <sub>a,inf</sub>	W <sub>□,sup</sub>	W <sub>□,inf</sub>	A <sub>taglio,V</sub>	B <sub>pioli</sub>
		[cm <sup>2</sup> ]	[cm]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>-1</sup> ]					
	1-4 - Arm.1a	1139	92	7600653	-	-	91229	-82899	66664	81715	343	0.002
	1-5 - Arm.1a	1324	92	8494217	-	-	102417	-92266	74748	91693	426	0.002
	1-5 - Arm.1a+1b	1378	96	9063812	-	-	115014	-94224	82770	102409	426	0.002
	2-2 - Arm.1a	952	91	6683156	-	-	79643	-73372	58310	71391	258	0.001
	2-2 - Arm.3	843	78	5331516	-	-	54724	-68727	41612	49769	258	0.002
	2-3 - Arm.3	828	85	5311080	-	-	58936	-62569	43960	53208	258	0.003
	2-2 - Arm.2	952	91	6683156	-	-	79643	-73372	58310	71391	258	0.001
	2-1 - Arm.2	1066	93	7073902	-	-	86376	-75979	62825	77229	344	0.002

### 9.3 Caratteristiche meccaniche dei trasversi

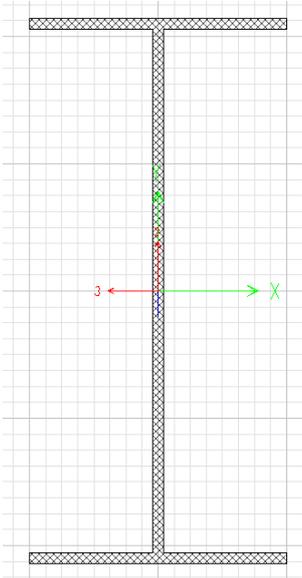
#### 9.3.1 Parametri in prima fase

Trasversi spalle:



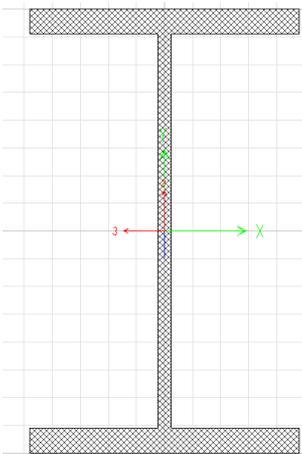
Properties			
Cross-section (axial) area	0.0381	Section modulus about 3 axis	0.0156
Torsional constant	3.522E-06	Section modulus about 2 axis	1.460E-03
Moment of Inertia about 3 axis	0.0117	Plastic modulus about 3 axis	0.0192
Moment of Inertia about 2 axis	3.650E-04	Plastic modulus about 2 axis	2.265E-03
Shear area in 2 direction	0.0207	Radius of Gyration about 3 axis	0.5529
Shear area in 3 direction	0.0155	Radius of Gyration about 2 axis	0.0978

Trasversi pile:



Properties			
Cross-section (axial) area	0.0406	Section modulus about 3 axis	0.0137
Torsional constant	5.570E-06	Section modulus about 2 axis	1.669E-03
Moment of Inertia about 3 axis	7.334E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0158
Moment of Inertia about 2 axis	4.174E-04	Plastic modulus about 2 axis	2.603E-03
Shear area in 2 direction	0.021	Radius of Gyration about 3 axis	0.425
Shear area in 3 direction	0.0181	Radius of Gyration about 2 axis	0.1014

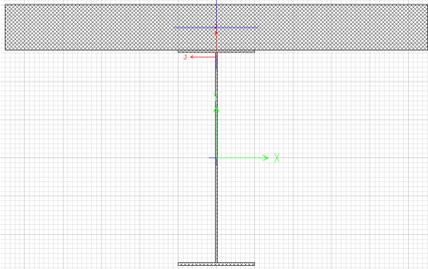
Trasversi correnti:



Properties			
Cross-section (axial) area	0.0232	Section modulus about 3 axis	4.170E-03
Torsional constant	4.858E-06	Section modulus about 2 axis	8.408E-04
Moment of Inertia about 3 axis	1.043E-03	Plastic modulus about 3 axis	4.679E-03
Moment of Inertia about 2 axis	1.261E-04	Plastic modulus about 2 axis	1.283E-03
Shear area in 2 direction	7.199E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.2118
Shear area in 3 direction	0.0153	Radius of Gyration about 2 axis	0.0737

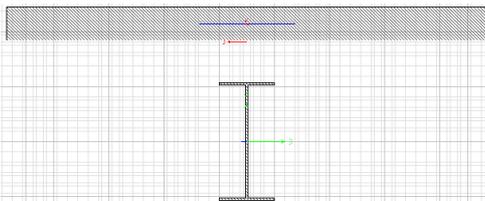
### 9.3.2 Parametri in seconda fase - To

Trasversi spalle:



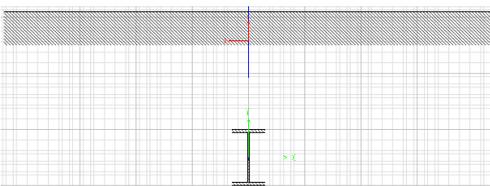
Properties			
Cross-section (axial) area	0.177	Section modulus about 3 axis	0.027
Torsional constant	4.825E-03	Section modulus about 2 axis	0.0641
Moment of Inertia about 3 axis	0.0369	Plastic modulus about 3 axis	1.366
Moment of Inertia about 2 axis	0.0882	Plastic modulus about 2 axis	0.5715
Shear area in 2 direction	0.0278	Radius of Gyration about 3 axis	0.4563
Shear area in 3 direction	0.1358	Radius of Gyration about 2 axis	0.7059

Trasversi pile:



Properties			
Cross-section (axial) area	0.26	Section modulus about 3 axis	0.0336
Torsional constant	6.960E-03	Section modulus about 2 axis	0.1592
Moment of Inertia about 3 axis	0.0484	Plastic modulus about 3 axis	2.1567
Moment of Inertia about 2 axis	0.3463	Plastic modulus about 2 axis	1.4218
Shear area in 2 direction	0.0671	Radius of Gyration about 3 axis	0.4316
Shear area in 3 direction	0.204	Radius of Gyration about 2 axis	1.1542

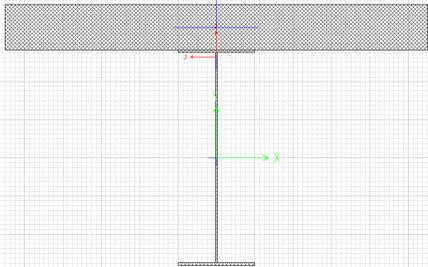
Trasversi correnti:



Properties			
Cross-section (axial) area	0.2426	Section modulus about 3 axis	0.0236
Torsional constant	6.965E-03	Section modulus about 2 axis	0.1591
Moment of Inertia about 3 axis	0.0305	Plastic modulus about 3 axis	1.8527
Moment of Inertia about 2 axis	0.346	Plastic modulus about 2 axis	1.4205
Shear area in 2 direction	0.1419	Radius of Gyration about 3 axis	0.3544
Shear area in 3 direction	0.1976	Radius of Gyration about 2 axis	1.1943

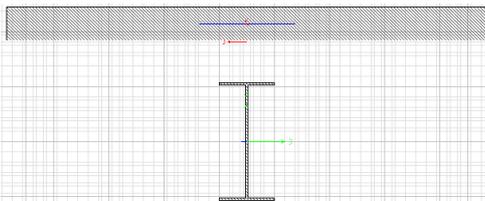
### 9.3.3 Parametri in seconda fase - Too

Trasversi spalle:



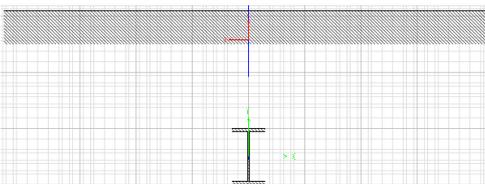
Properties			
Cross-section (axial) area	0.0877	Section modulus about 3 axis	0.0252
Torsional constant	1.880E-03	Section modulus about 2 axis	0.023
Moment of Inertia about 3 axis	0.0294	Plastic modulus about 3 axis	1.4136
Moment of Inertia about 2 axis	0.0317	Plastic modulus about 2 axis	0.5715
Shear area in 2 direction	0.0262	Radius of Gyration about 3 axis	0.5793
Shear area in 3 direction	0.0541	Radius of Gyration about 2 axis	0.6015

Trasversi pile:



Properties			
Cross-section (axial) area	0.1189	Section modulus about 3 axis	0.0312
Torsional constant	2.489E-03	Section modulus about 2 axis	0.057
Moment of Inertia about 3 axis	0.0387	Plastic modulus about 3 axis	2.1269
Moment of Inertia about 2 axis	0.1239	Plastic modulus about 2 axis	1.4218
Shear area in 2 direction	0.0605	Radius of Gyration about 3 axis	0.5705
Shear area in 3 direction	0.0775	Radius of Gyration about 2 axis	1.0208

Trasversi correnti:



Properties			
Cross-section (axial) area	0.1016	Section modulus about 3 axis	0.0223
Torsional constant	2.491E-03	Section modulus about 2 axis	0.0569
Moment of Inertia about 3 axis	0.0253	Plastic modulus about 3 axis	1.9556
Moment of Inertia about 2 axis	0.1237	Plastic modulus about 2 axis	1.4205
Shear area in 2 direction	0.1255	Radius of Gyration about 3 axis	0.4994
Shear area in 3 direction	0.0729	Radius of Gyration about 2 axis	1.1033

## 10 MODELLI DI CALCOLO

Per la modellazione si utilizza il programma di calcolo agli elementi finiti “SAP 2000 NonLinear” della Computer and Structures, Inc.

Le analisi sul ponte in oggetto, sono state condotte mediante appositi modelli matematici agli elementi finiti (E.F.).

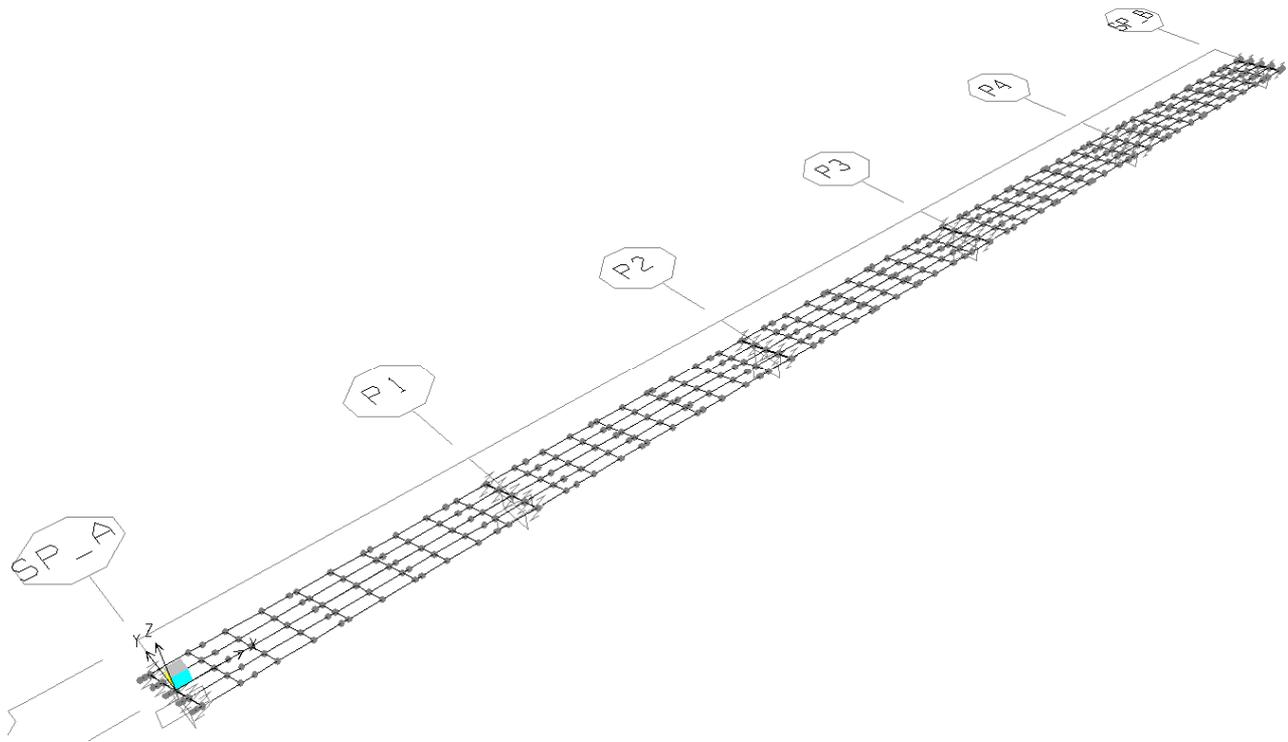
In relazione alle azioni e agli elementi strutturali, sono stati considerati differenti modelli:

- per le travi d'acciaio ed i traversi nei confronti dei carichi verticali, è stato adottato un modello globale a graticcio. In questo modello, inoltre, si sono considerati tutti gli effetti di tira e spingi verticale indotti dalle forze orizzontali trasversali (vento, sisma, etc.).
- per la soletta nei confronti degli effetti locali è stato adottato un modello di trave continua su appoggi fissi.

### 10.1 Modello a graticcio

Tale modello schematizza la struttura attraverso un graticcio piano di quattro travi posizionate nel baricentro delle sezioni omogeneizzate (diverse per ogni fase). Esse sono tra loro collegate da elementi trasversali (traversi) di caratteristiche inerziali equivalenti tali da rappresentare le sezioni diaframmate dell'impalcato. Gli sbalzi longitudinali della soletta su ciascuna trave sono stati modellati mediante elementi rigidi.

Il riferimento globale è una terna cartesiana destrorsa con l'asse Z verticale e l'asse X orientato lungo la direzione longitudinale dell'impalcato.



*Figura 4 – Vista 3D modello a graticcio*

Per effettuare tutte le analisi previste sono stati realizzati tre modelli aventi le caratteristiche meccaniche variabili in ragione delle varie fasi considerate:

- fase di costruzione: con caratteristiche meccaniche dei soli conci in acciaio (fase 1).
- fase a tempo  $T_o$ : con caratteristiche meccaniche della trave in acciaio e della soletta in c.a. omogeneizzata in acciaio con  $n_o = E_{acc}/E_{cls}$  (fase 2  $T_o$ ).
- fase a tempo  $T_{oo}$ : con caratteristiche meccaniche della trave in acciaio e della soletta in c.a. omogeneizzata in acciaio con  $n_{oo} = E_{acc}/E_{cls,viscoso}$  (fase 2  $T_{oo}$ ).

Al fine di determinare nella zona a momenti negativi (appoggi in corrispondenza delle pile) e la lunghezza in cui non considerare il contributo della soletta (soletta non reagente: SNR) sono stati eseguiti due modellazioni della struttura sia per la fase al tempo  $T_o$  che al tempo  $T_{oo}$ .

La prima modellazione in cui si considera la soletta reagente (SR) ovunque per valutare la parte di struttura dove la tensione di trazione nel calcestruzzo supera 2 volte il valore della  $f_{ctm}$ .

Dalle analisi svolte per le pile P1 e P4 il tratto in cui si verifica la suindicata condizione si estende per 4.8m verso la spalla e per 5.6m sul lato opposto.

In ogni caso per il 15% della luce a destra e a sinistra degli appoggi di tutte le pile (ovvero per  $6.525m (=0.15 \times 43.50m) + 6.525m (=0.15 \times 43.50m) = 13.05m$ ) il contributo della soletta non viene considerato.

In questo modo nella seconda modellazione (SNR) nella parte di struttura determinata come sopra non è stato considerato il contributo della soletta.

Le azioni elementari considerate per ogni modello sono riportate nelle tabelle seguenti:

<b>fase 1 (acciaio)</b>	
carico	descrizione
G1ppa	peso carpenteria metallica
G1sol	peso soletta
<b>fase 2 (to)</b>	
carico	descrizione
q5	vento
	azioni da traffico
dt_diff	variazione termica differenziale (1_pos.;2_neg)
Ex Ey Ez	sisma

<b>fase 2 (too)</b>	
Carico	descrizione
G2perm	peso permanenti portati
Ritiro	ritiro
dt_unif	variazione termica uniforme

### **10.1.1 Carichi applicati**

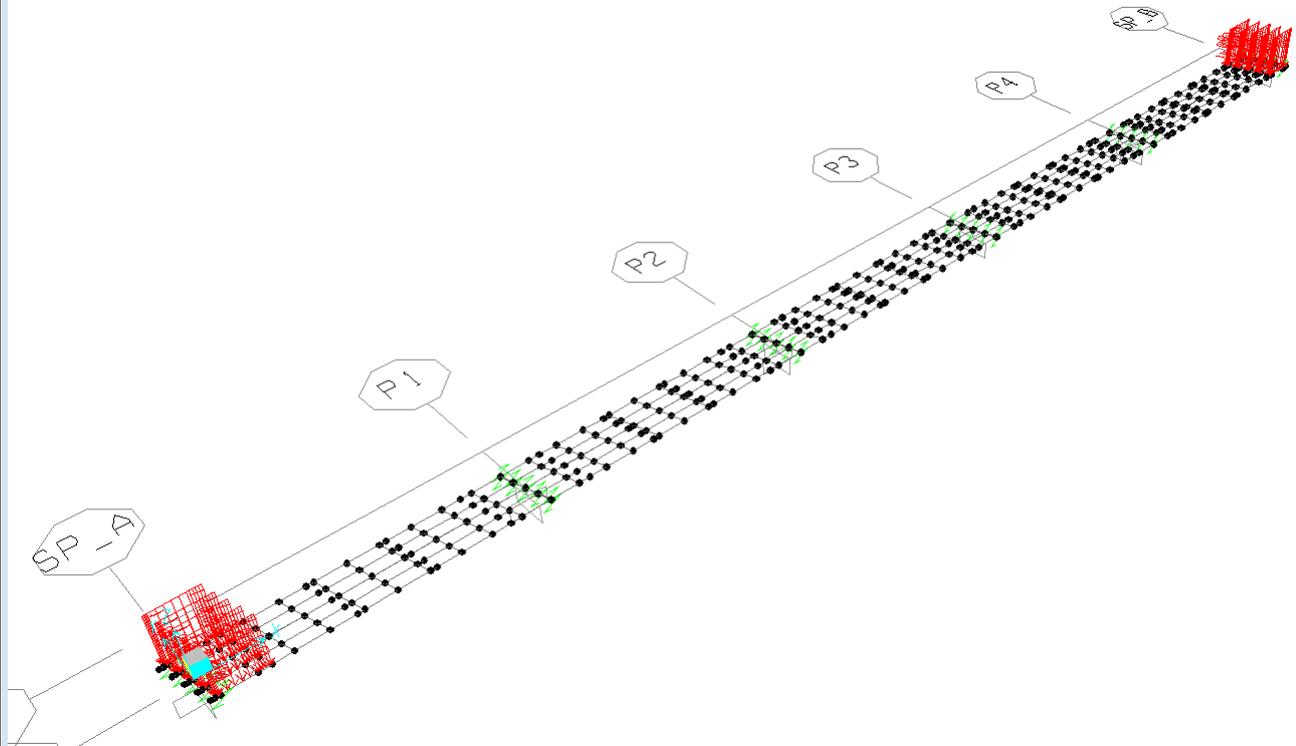
Si riportano di seguito le schermate relativi ai diversi “load patterns”.

“**PPaccConcioi-j**”: su ogni trave è stato applicato un carico unitario verticale (direzione -Z) uniformemente distribuito in corrispondenza dei diversi conci come riportato nelle seguenti figure.

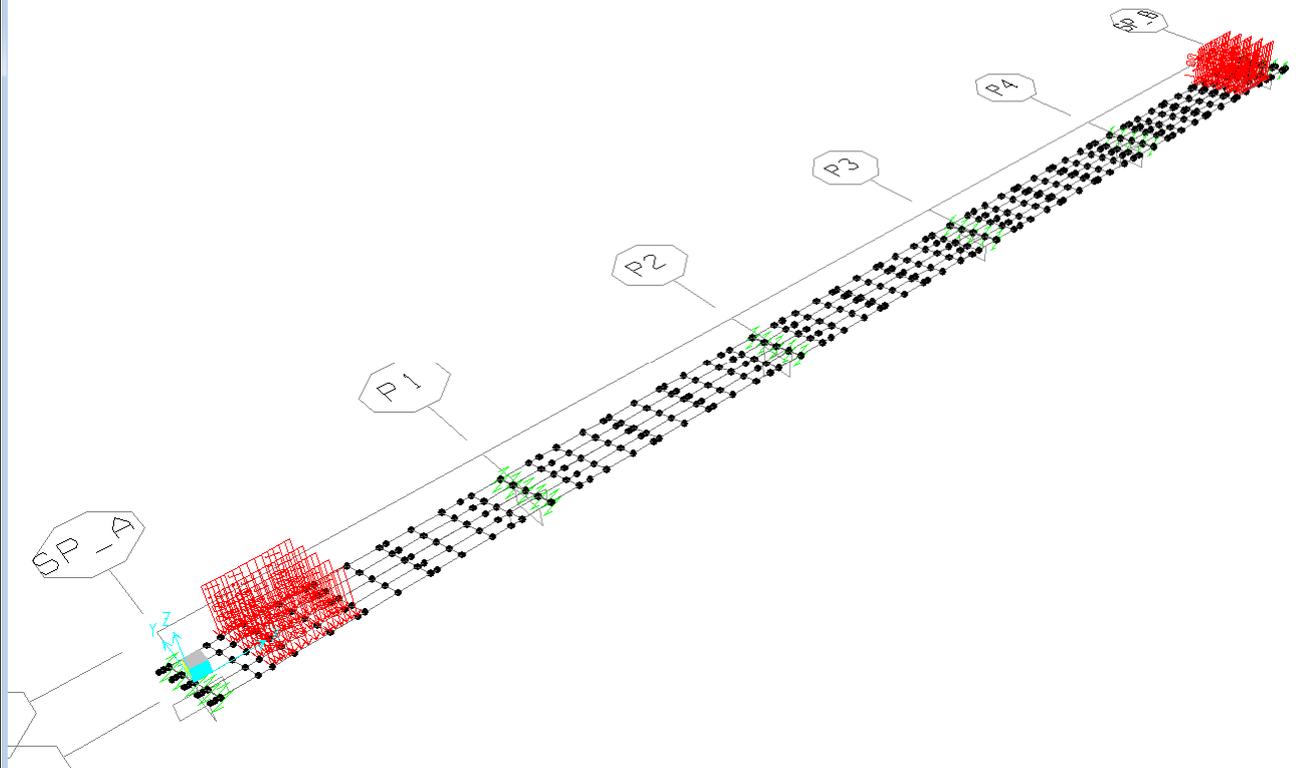
**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia**  
**Relazione di calcolo travi impalcato continuo in**  
**acc/cls**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	51 di 134

Frame Span Loads (PPaccConcio1-1) (As Defined)



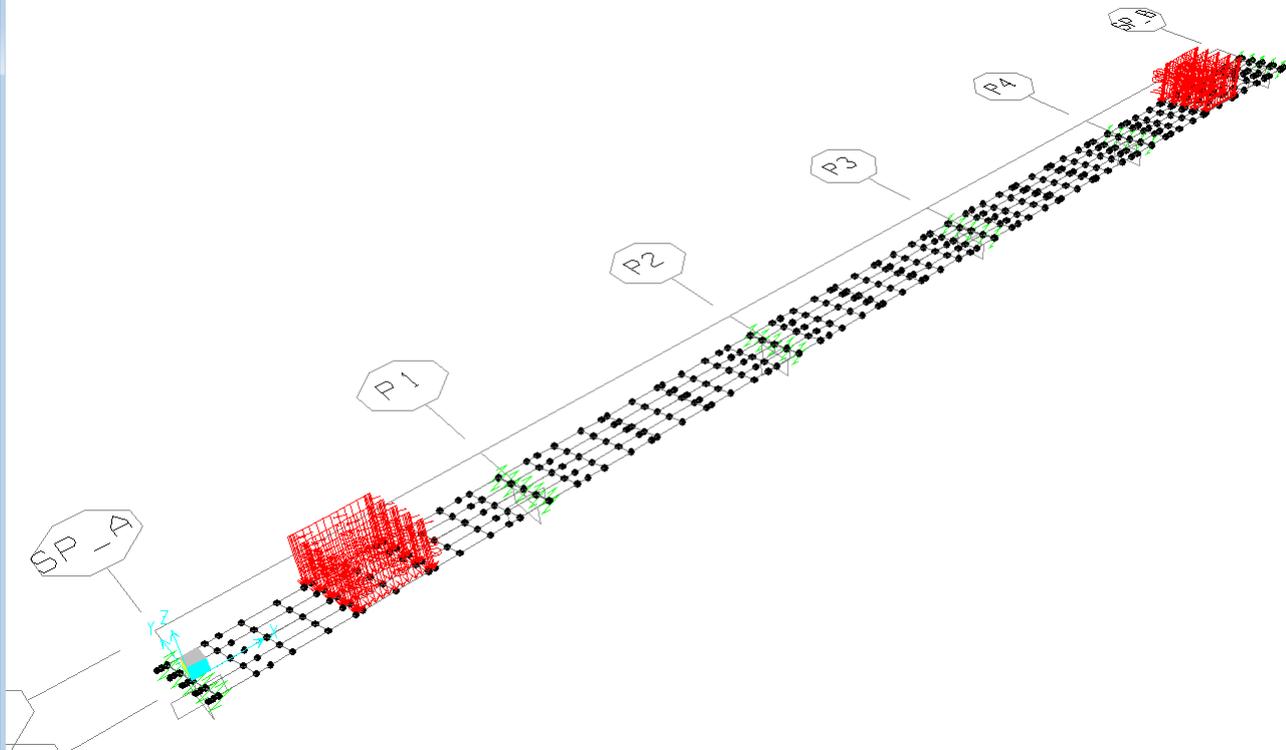
Frame Span Loads (PPaccConcio1-2) (As Defined)



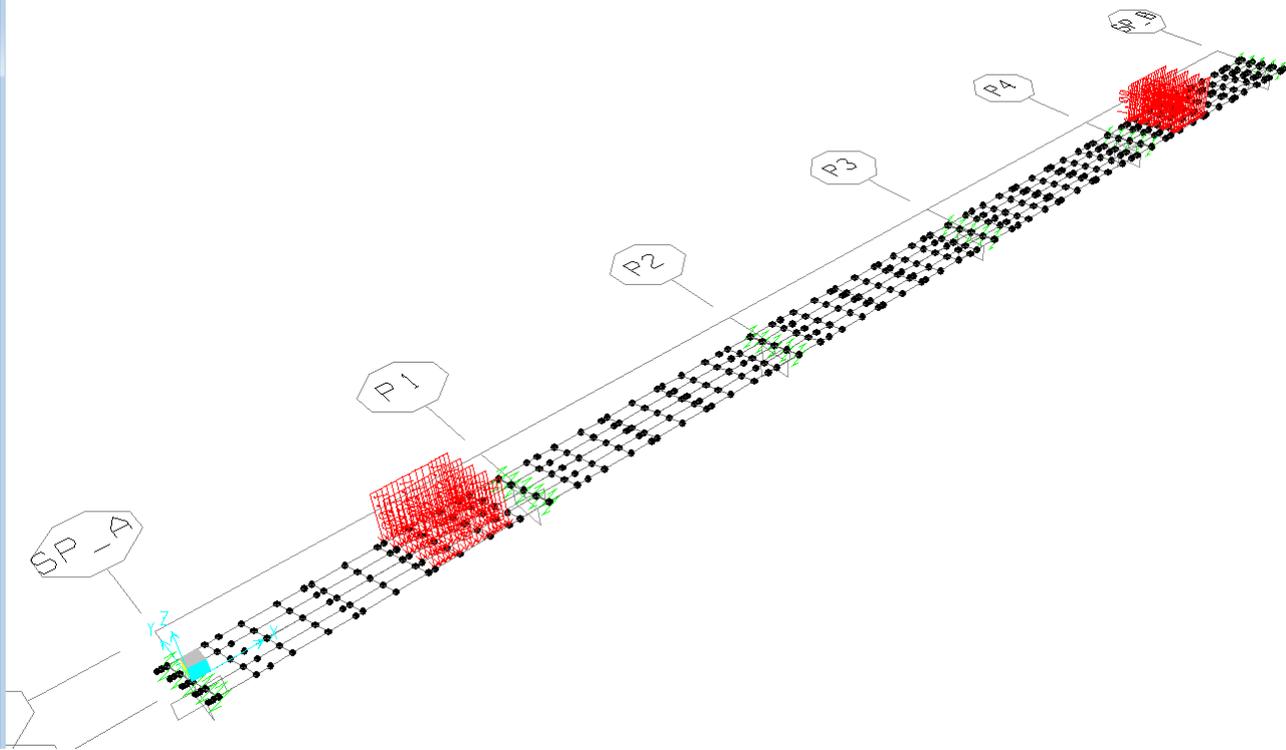
IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia  
Relazione di calcolo travi impalcato continuo in  
acc/cls

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	52 di 134

Frame Span Loads (PPaccConcio1-3) (As Defined)



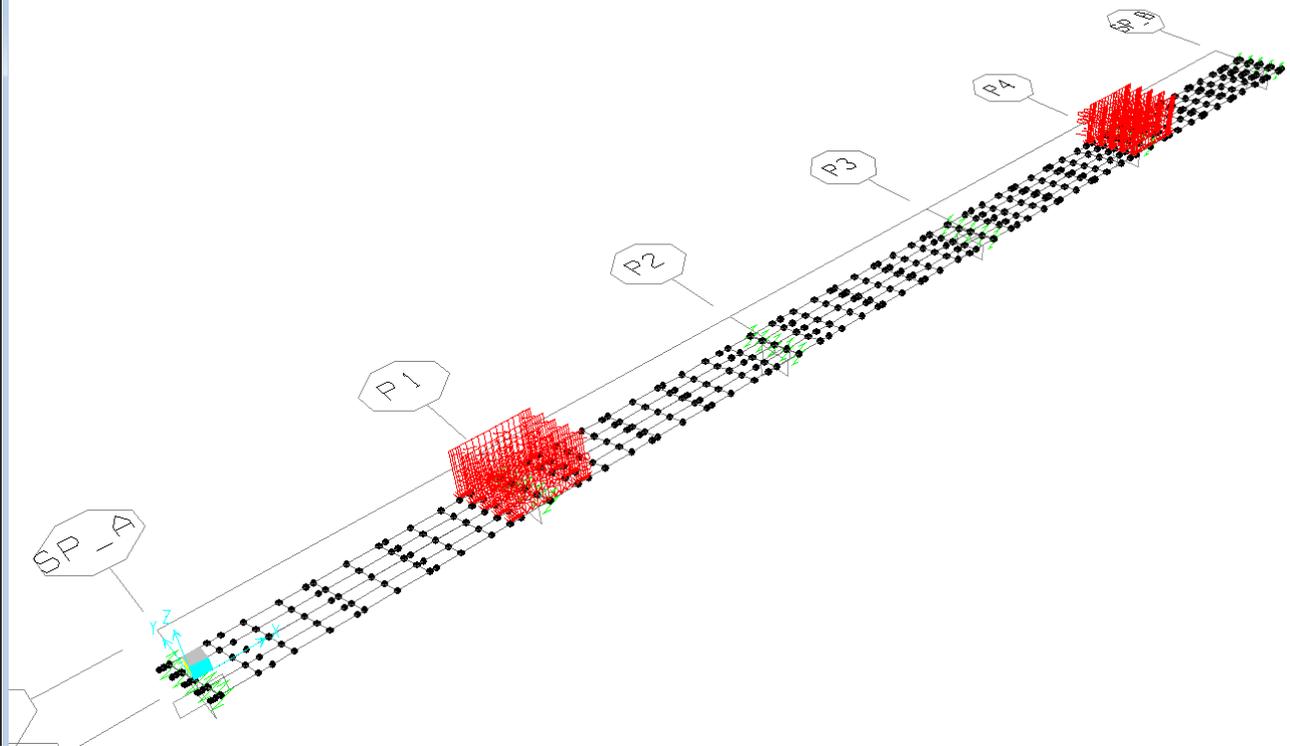
Frame Span Loads (PPaccConcio1-4) (As Defined)



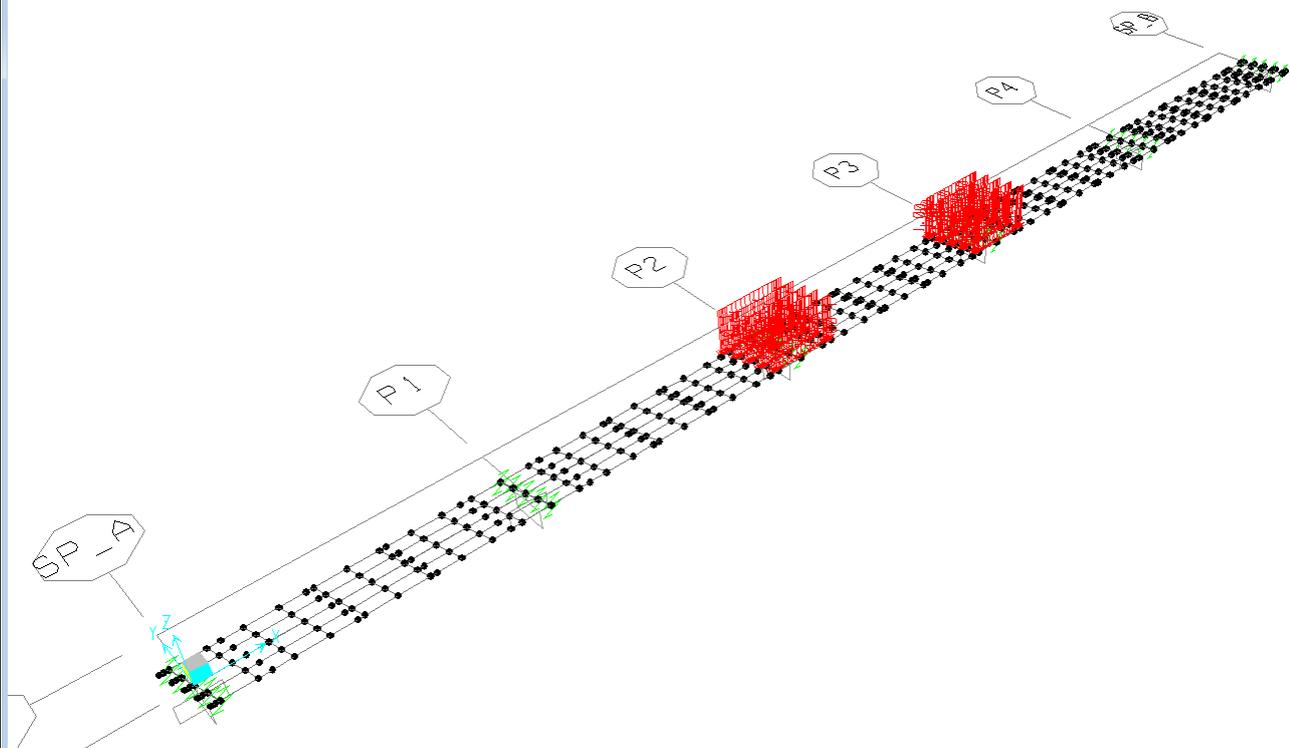
IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia  
Relazione di calcolo travi impalcato continuo in  
acc/cls

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	53 di 134

Frame Span Loads (PPaccConcio1-5) (As Defined)



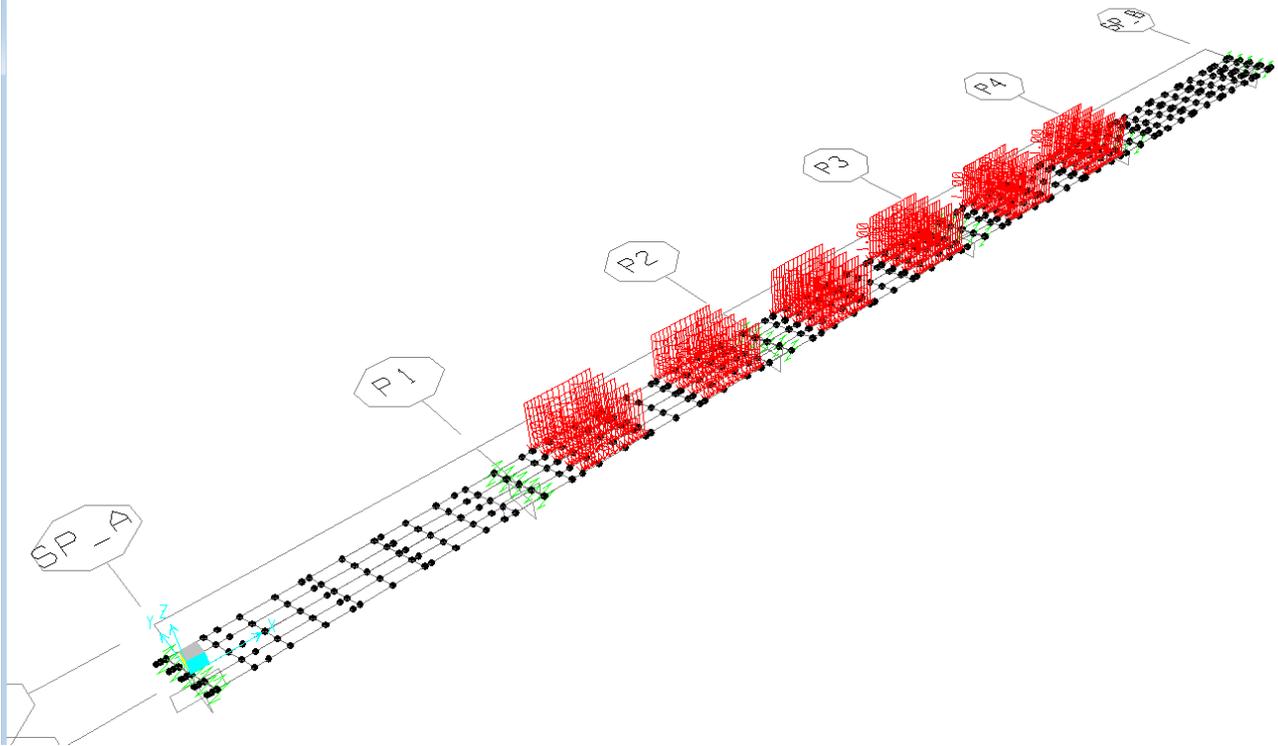
Frame Span Loads (PPaccConcio2-1) (As Defined)



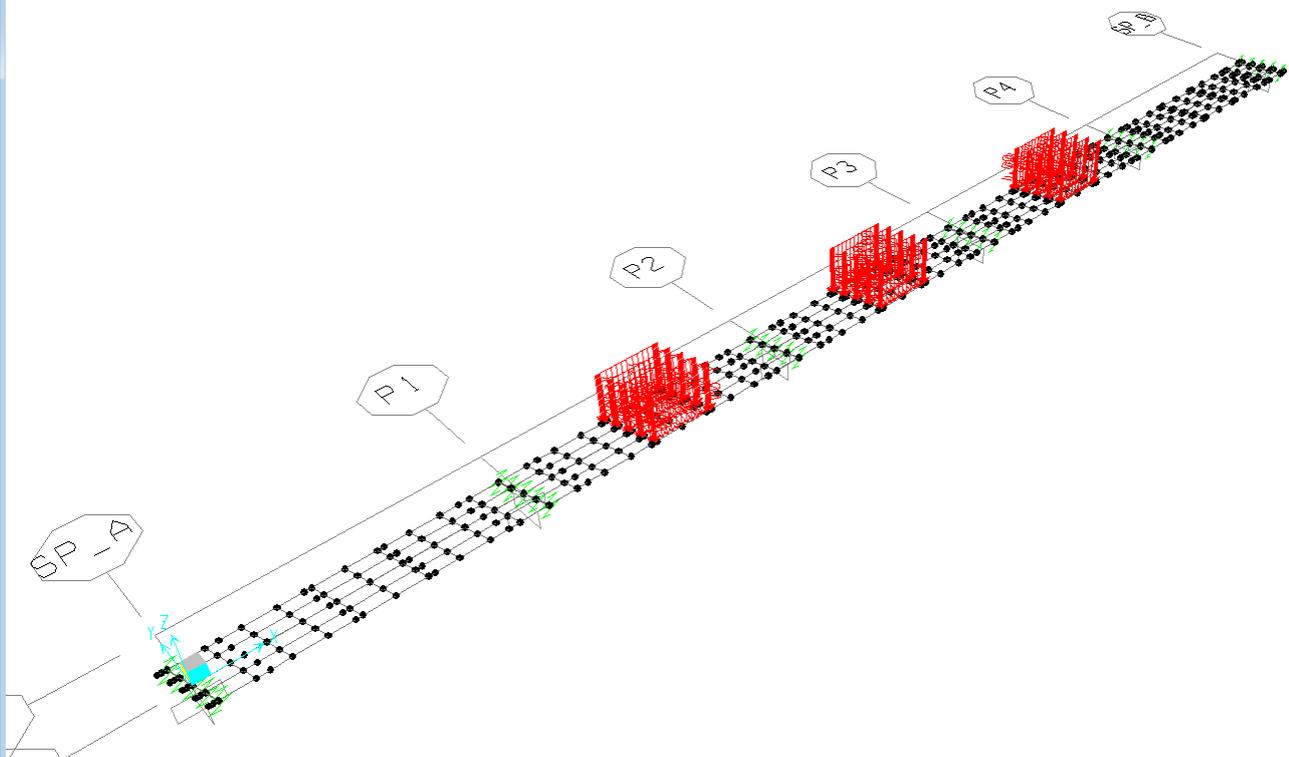
**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia**  
**Relazione di calcolo travi impalcato continuo in**  
**acc/cls**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	54 di 134

Frame Span Loads (PPaccConcio2-2) (As Defined)



Frame Span Loads (PPaccConcio2-3) (As Defined)

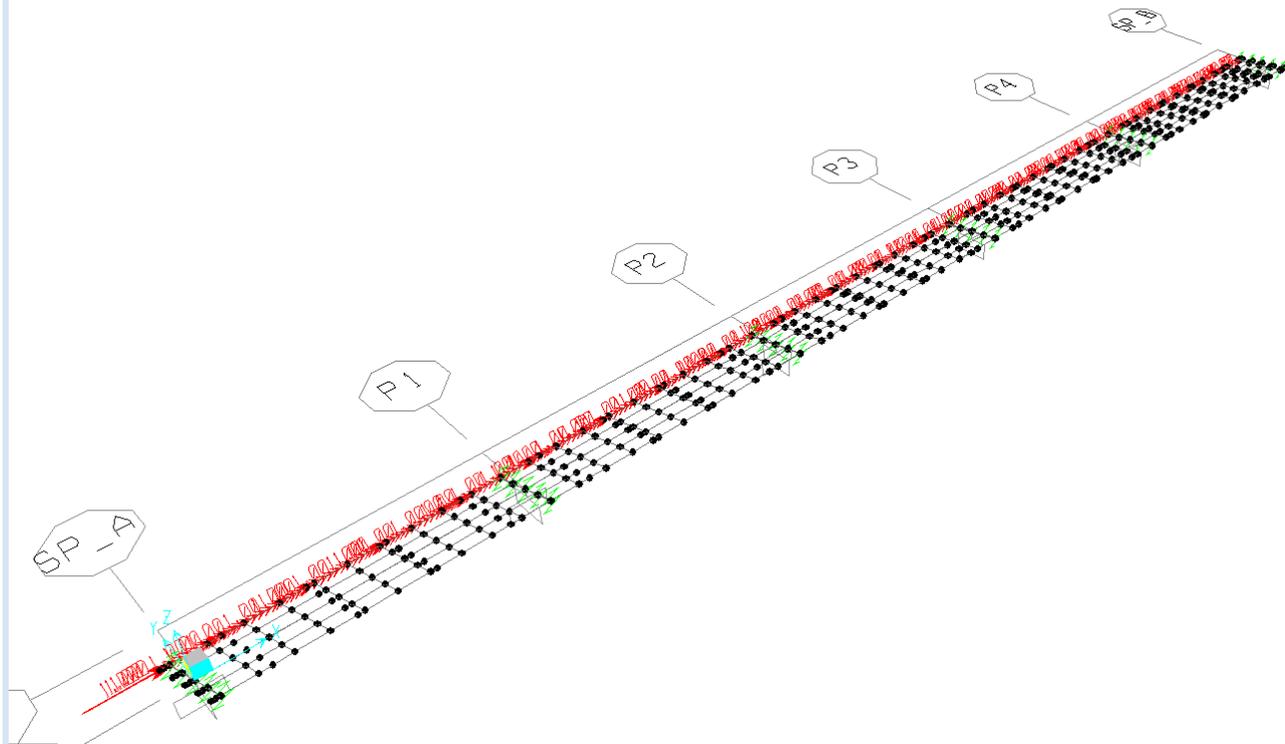


**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia**  
**Relazione di calcolo travi impalcato continuo in**  
**acc/cls**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	55 di 134

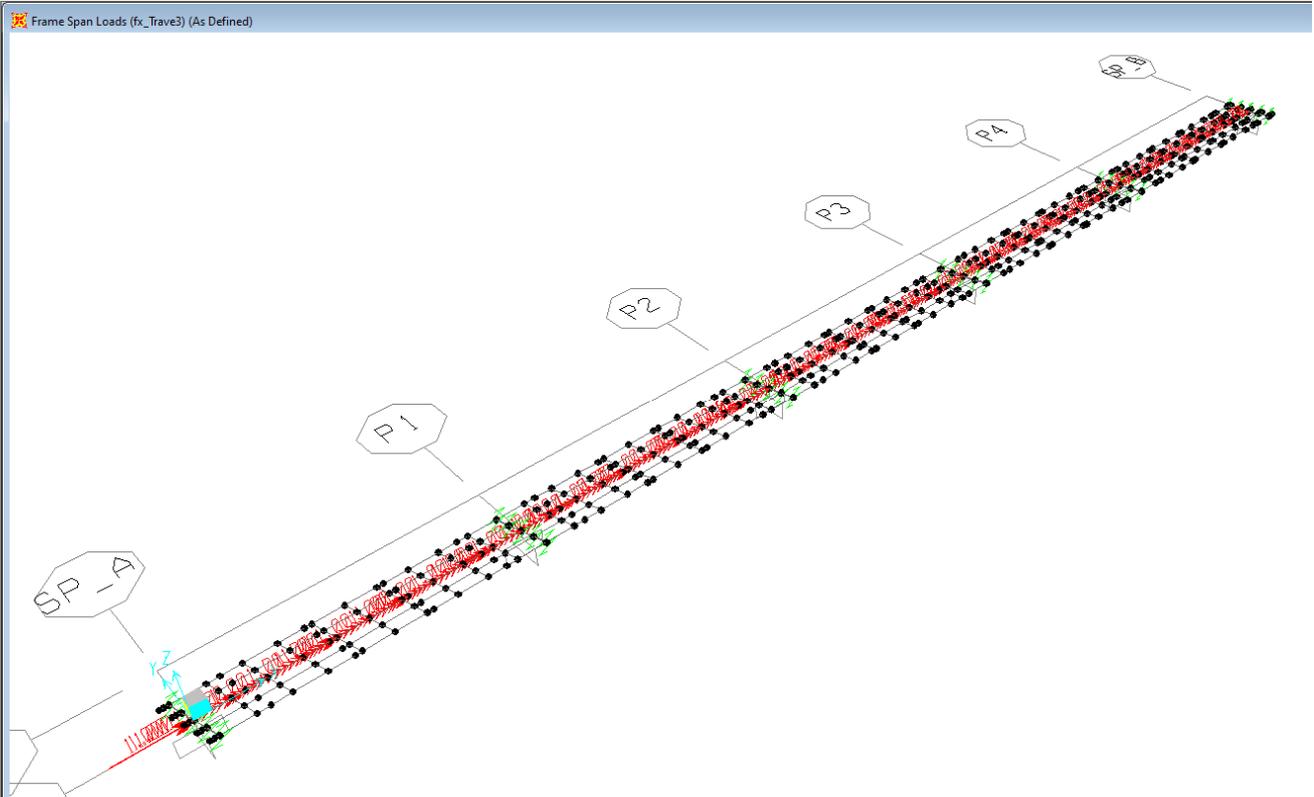
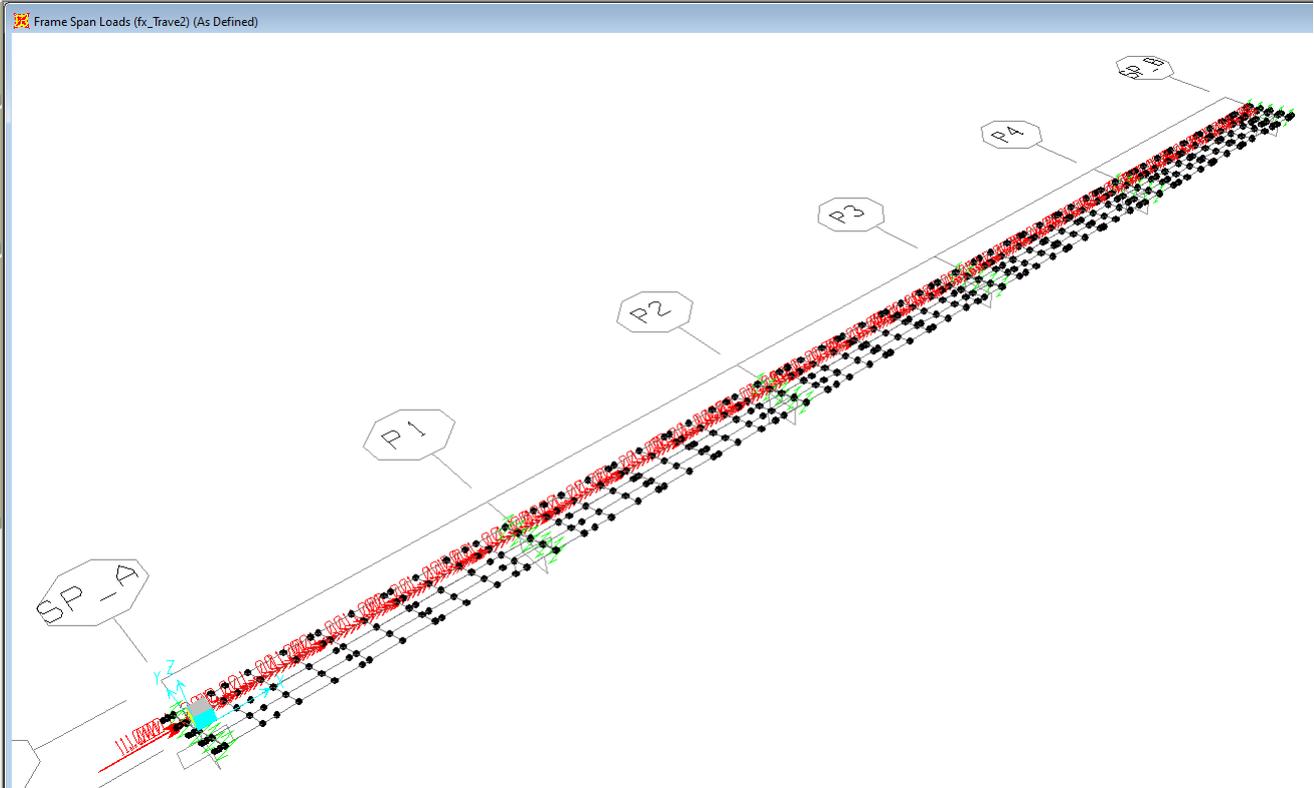
“fx\_Trave1-5”: su ogni trave è stato applicato un carico unitario uniforme orizzontale (direzione +X) uniformemente distribuito come riportato nelle seguenti figure.

Frame Span Loads (fx\_Trave1) (As Defined)



**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia**  
**Relazione di calcolo travi impalcato continuo in**  
**acc/cls**

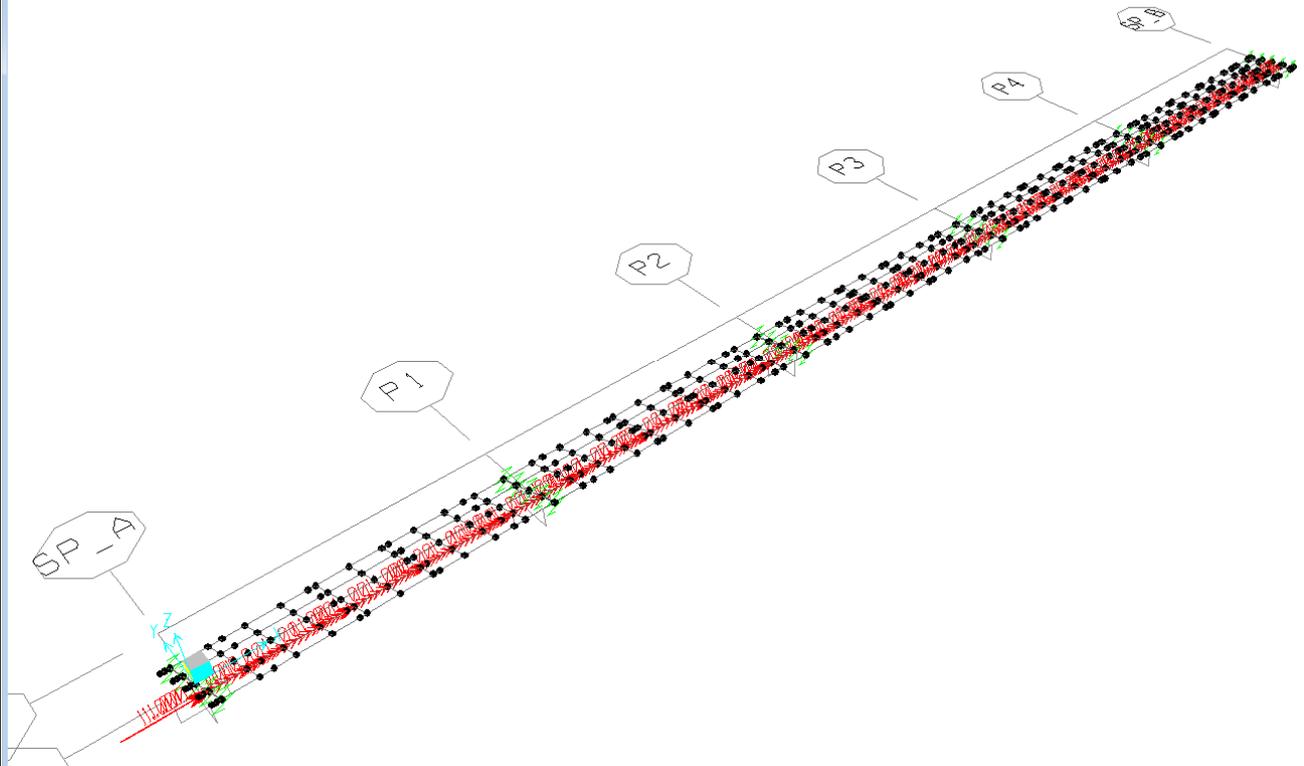
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	56 di 134



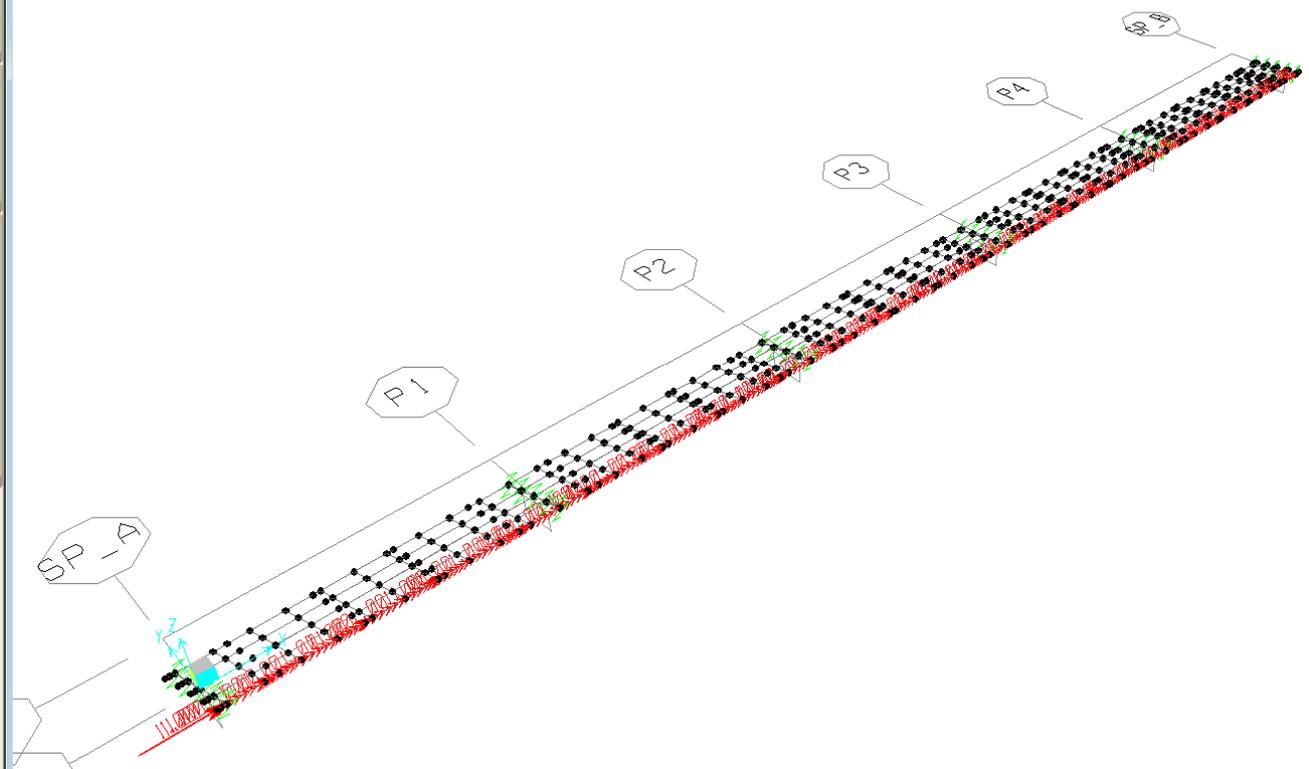
**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia**  
**Relazione di calcolo travi impalcato continuo in**  
**acc/cls**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	57 di 134

Frame Span Loads (fx\_Trave4) (As Defined)



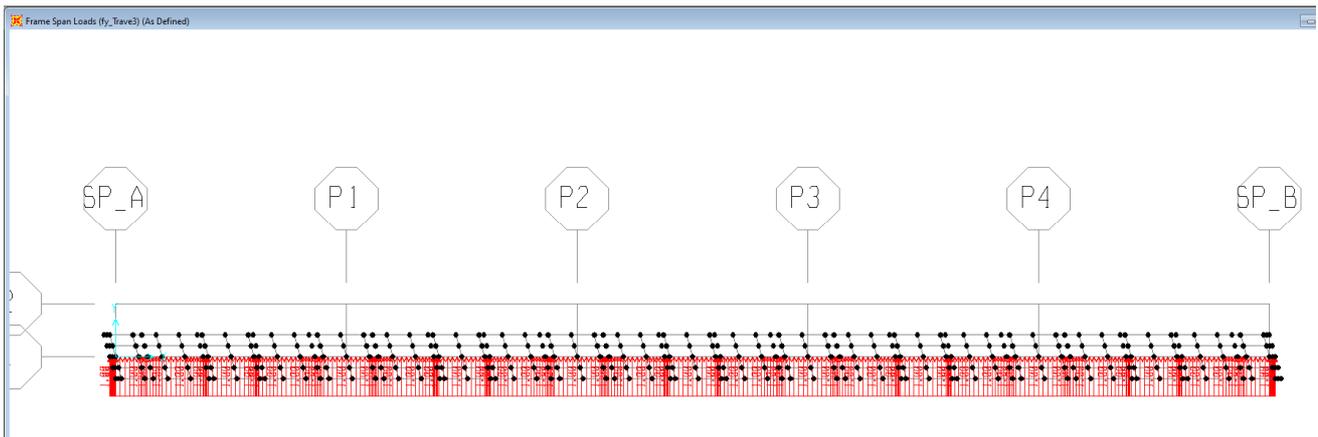
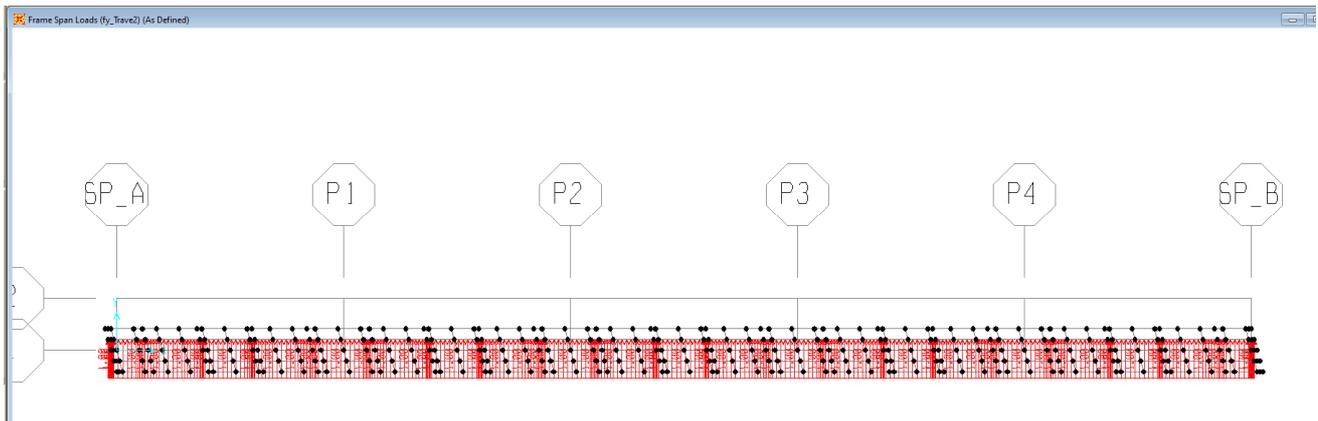
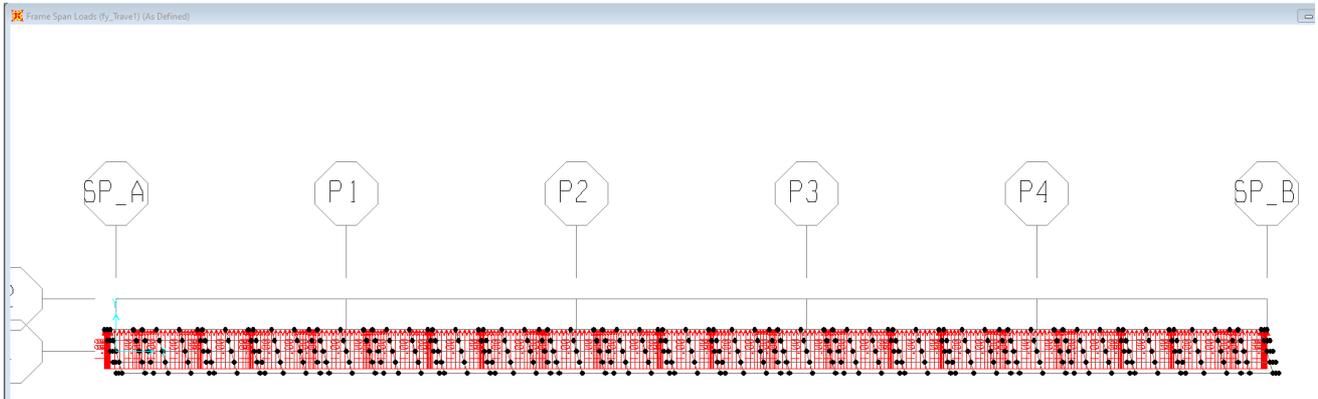
Frame Span Loads (fx\_Trave5) (As Defined)

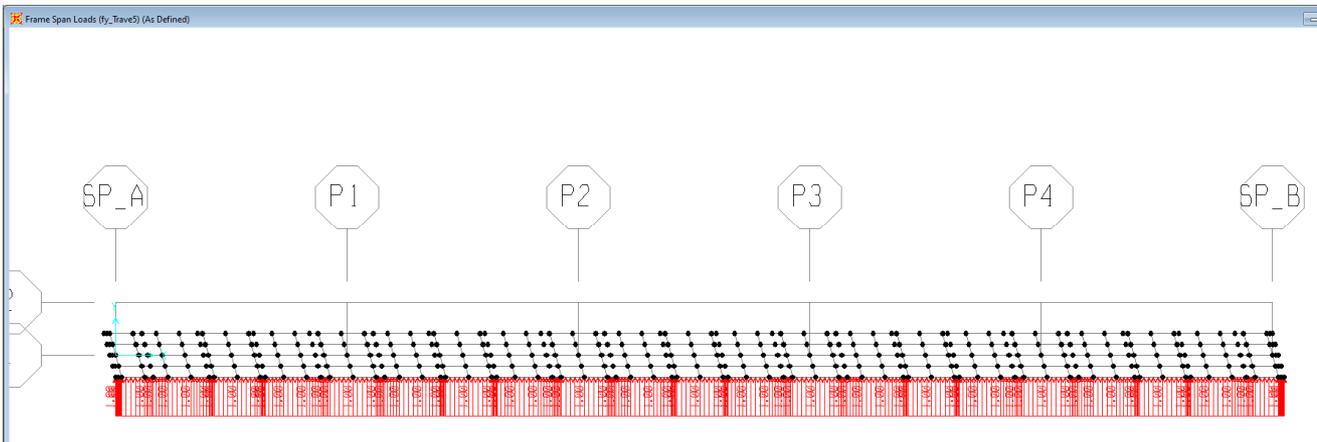
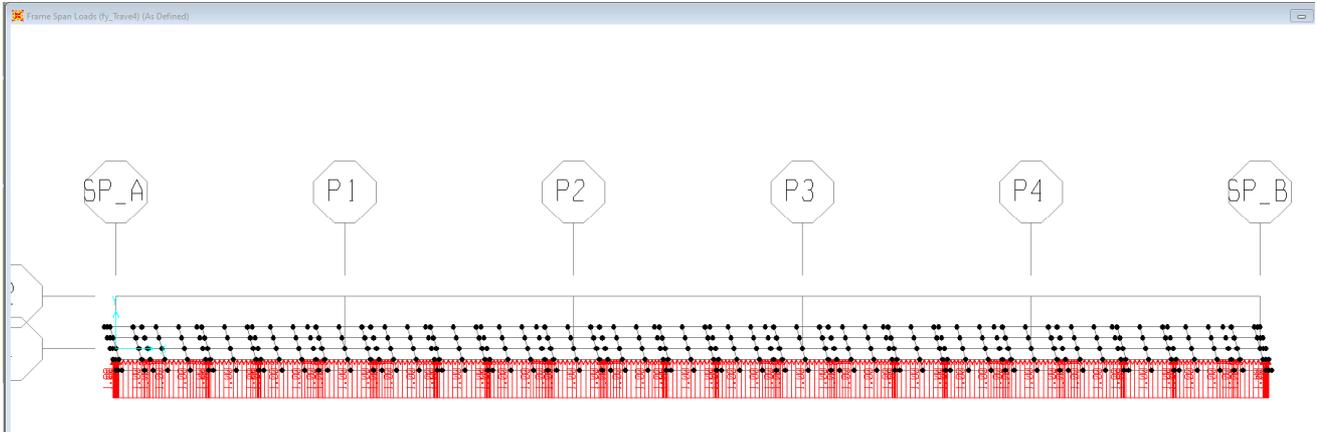


IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia  
Relazione di calcolo travi impalcato continuo in  
acc/cls

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	58 di 134

“fy\_Trave1-5”: su ogni trave è stato applicato un carico unitario uniforme orizzontale (direzione +Y) uniformemente distribuito come riportato nelle seguenti figure.



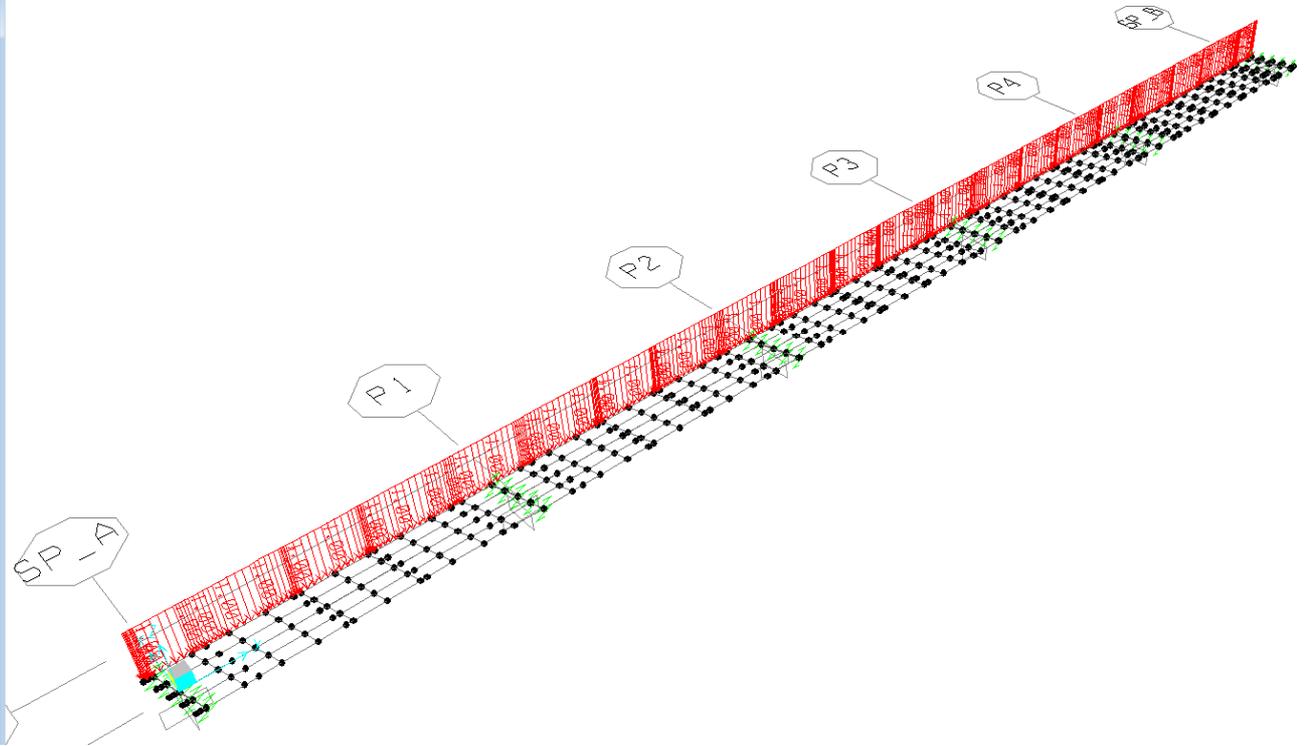


“fz\_Trave1-5”: su ogni trave è stato applicato un carico unitario uniforme verticale (direzione -Z) uniformemente distribuito come riportato nelle seguenti figure.

IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia  
Relazione di calcolo travi impalcato continuo in  
acc/cls

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	60 di 134

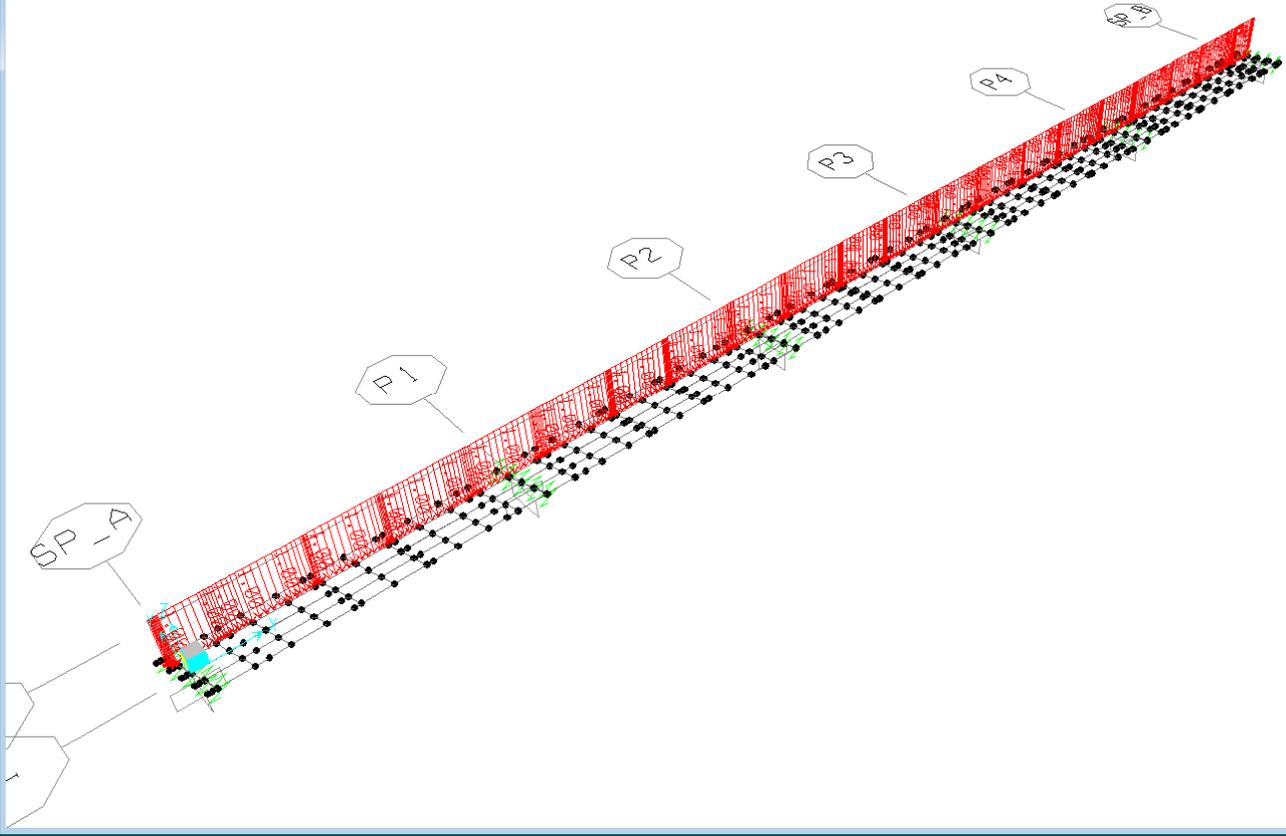
Frame Span Loads (fz\_Trave1) (As Defined)



IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia  
Relazione di calcolo travi impalcato continuo in  
acc/cls

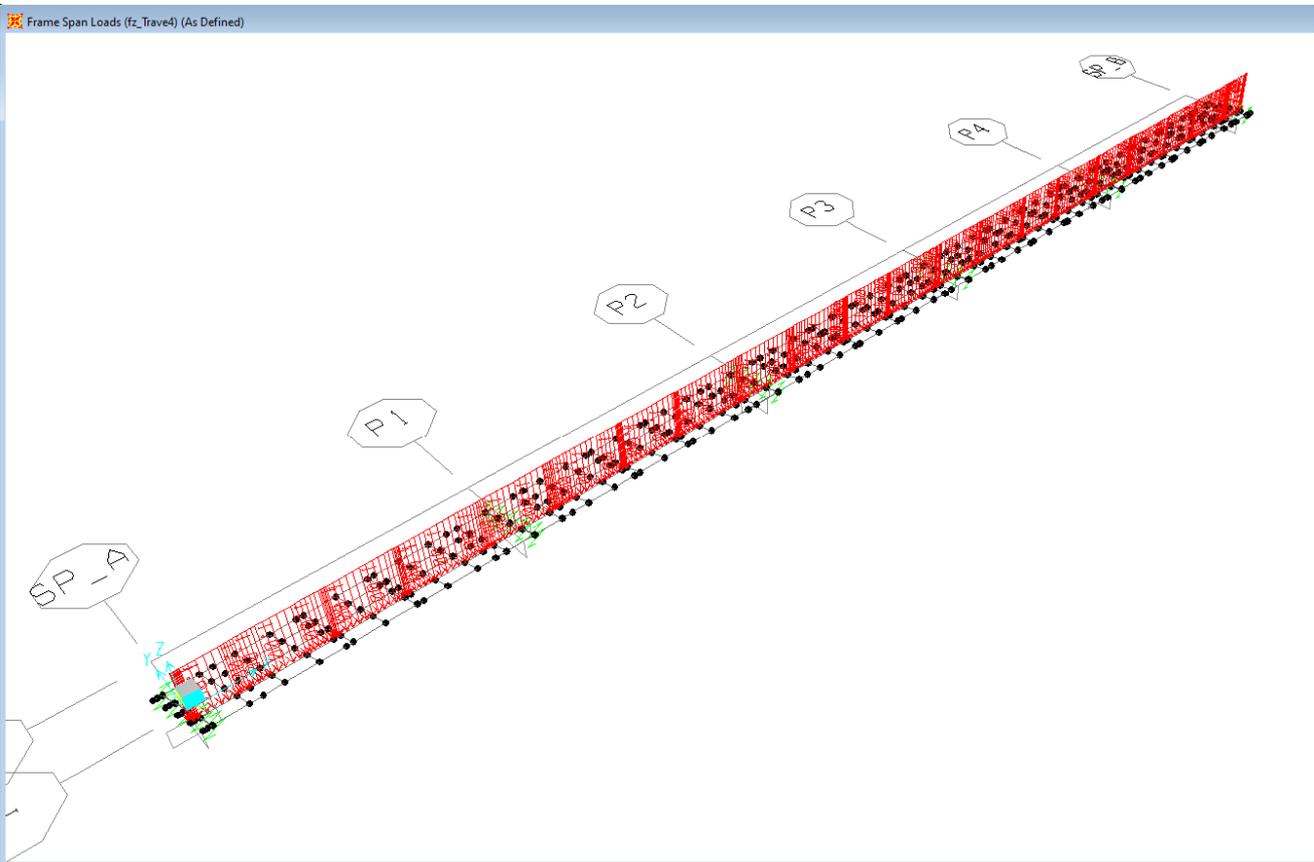
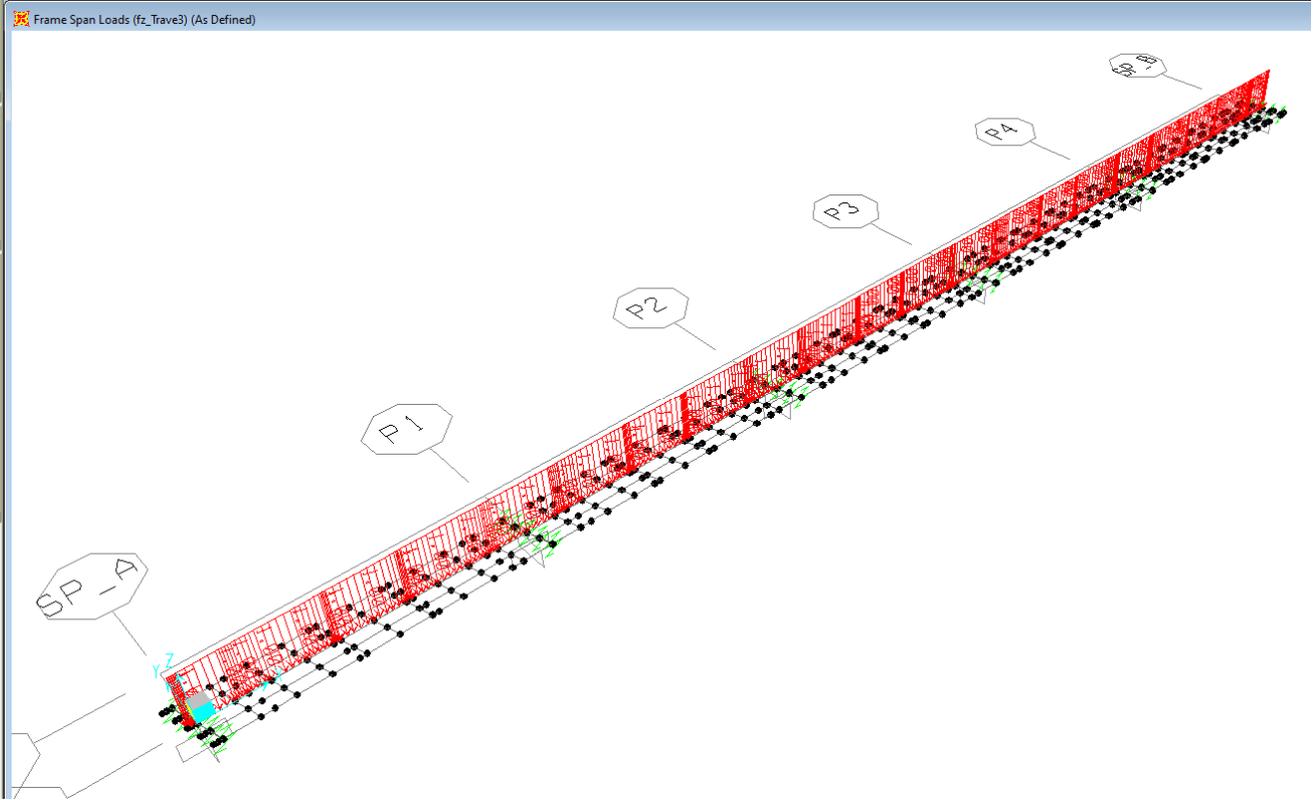
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	61 di 134

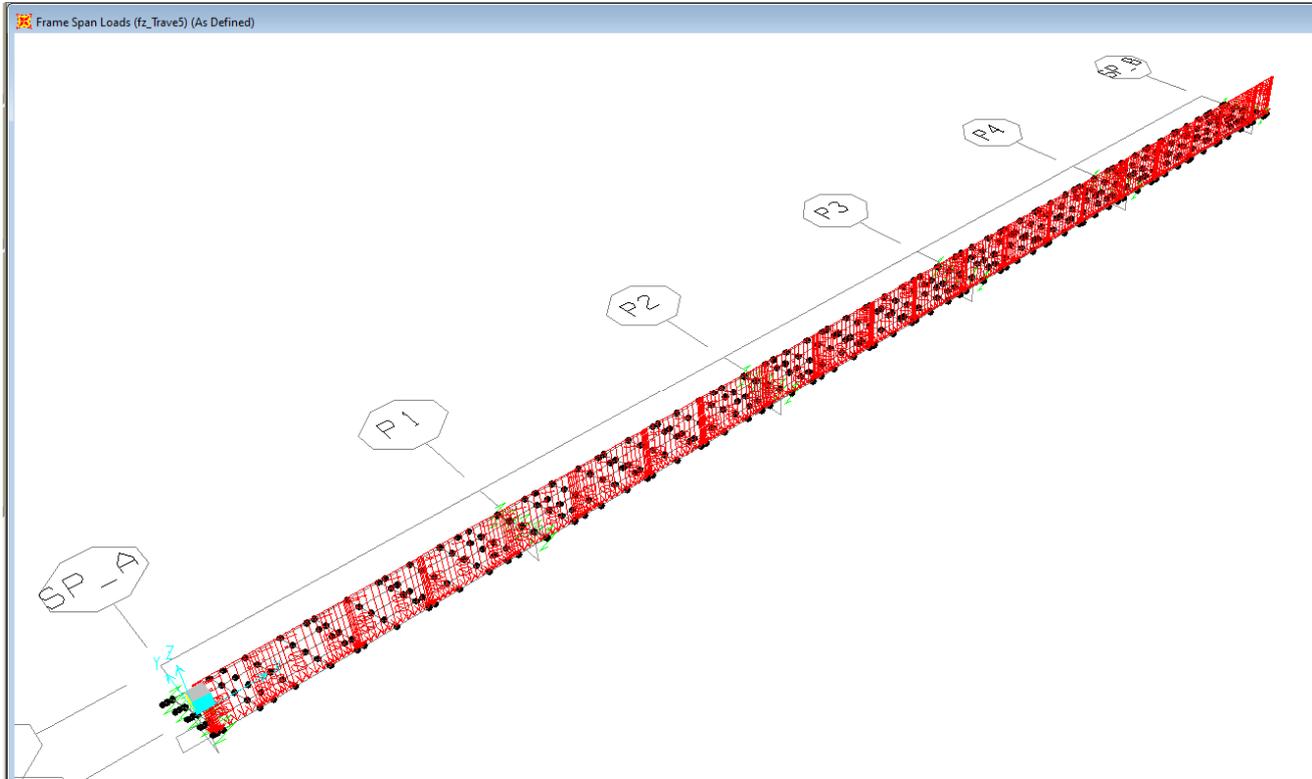
Frame Span Loads (fz\_Trave2) (As Defined)



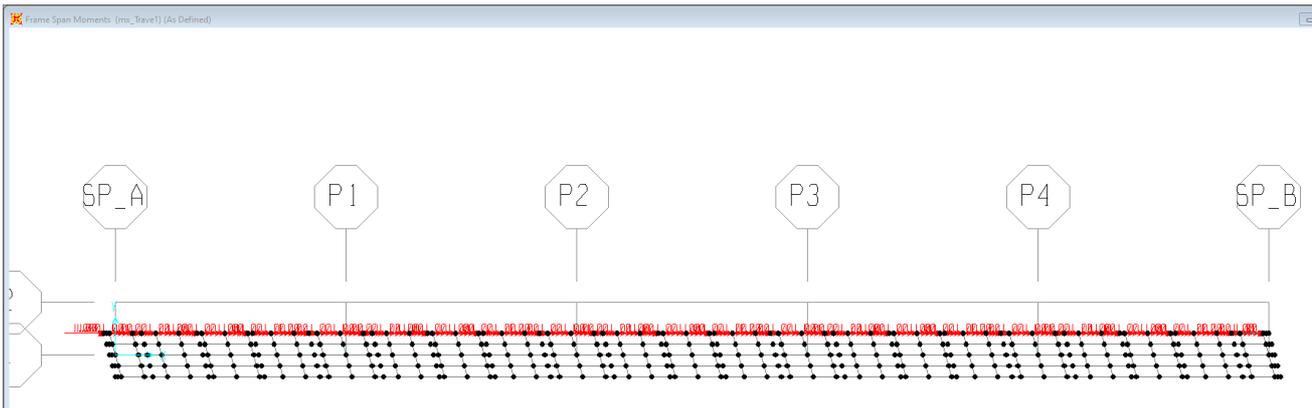
IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia  
Relazione di calcolo travi impalcato continuo in  
acc/cls

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	62 di 134





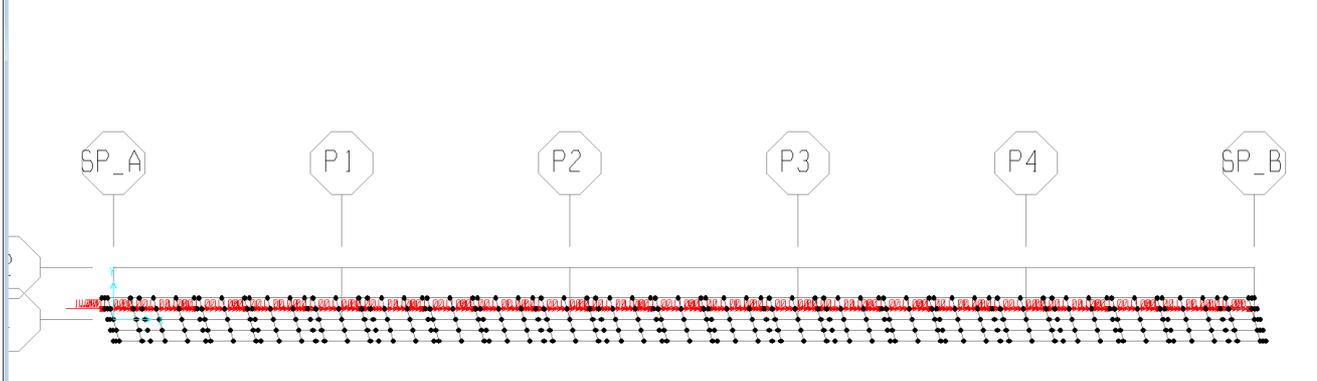
“**mx\_Trave1-5**”: su ogni trave è stato applicato un momento unitario uniforme (vettore momento direzione +X) uniformemente distribuito come riportato nelle seguenti figure.



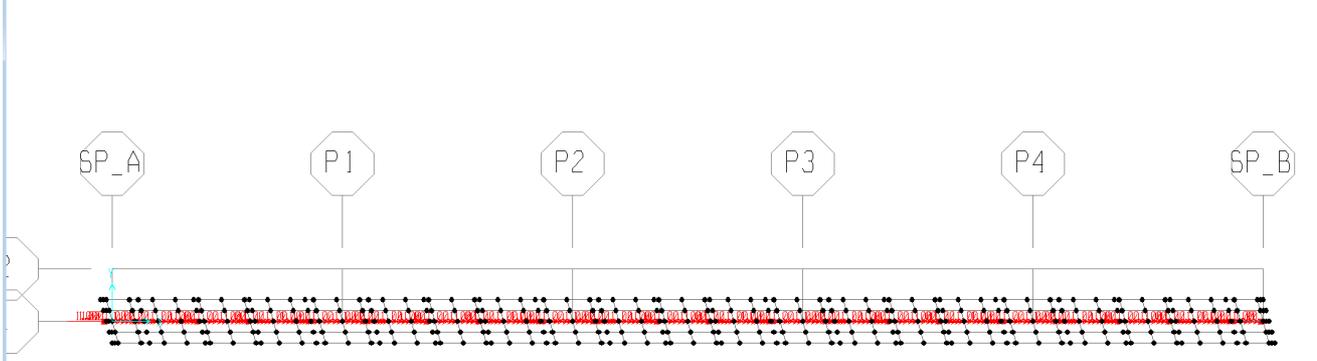
**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia**  
**Relazione di calcolo travi impalcato continuo in**  
**acc/cls**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	64 di 134

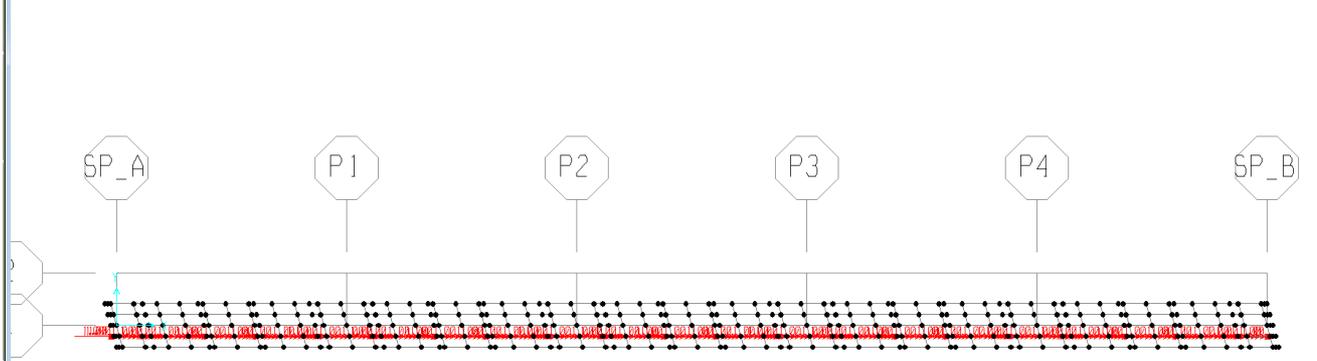
Frame Span Moments (mx\_Trave2) (As Defined)



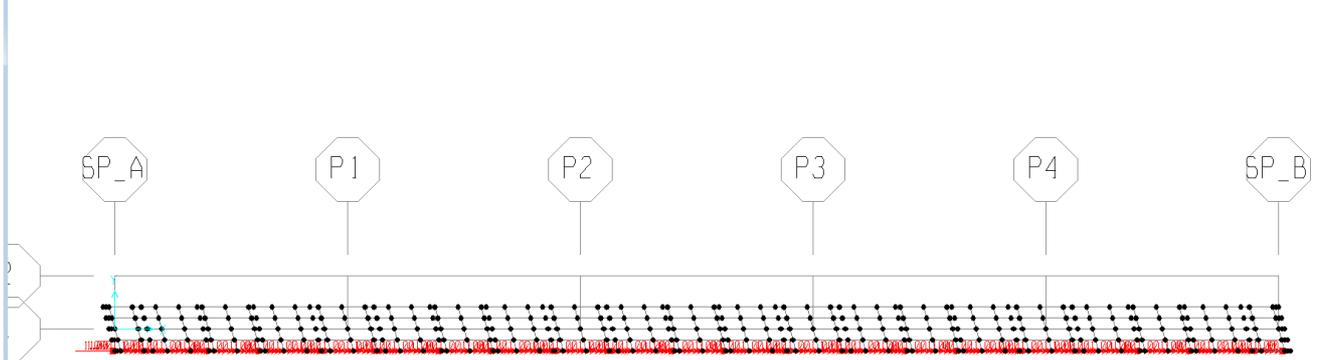
Frame Span Moments (mx\_Trave3) (As Defined)



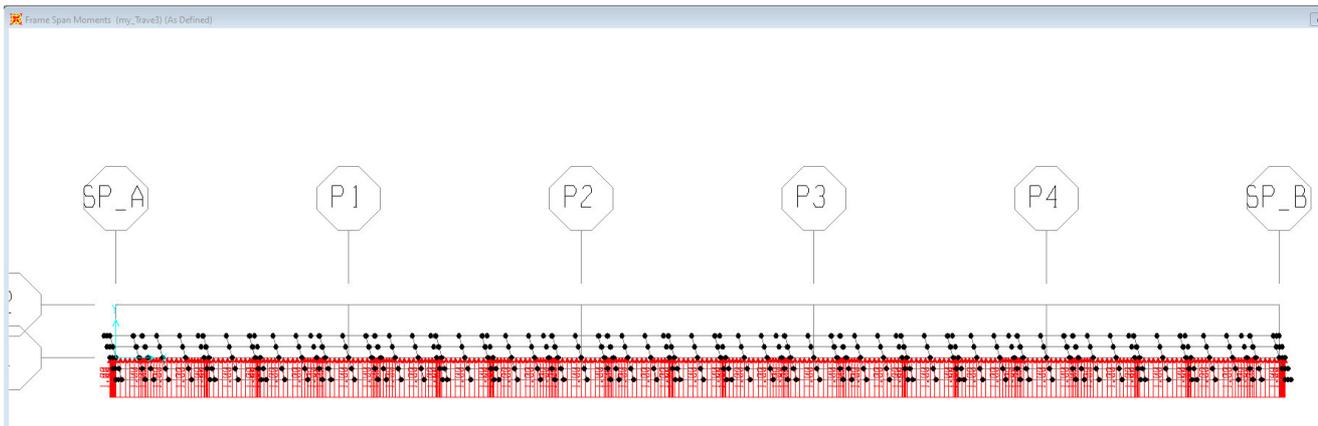
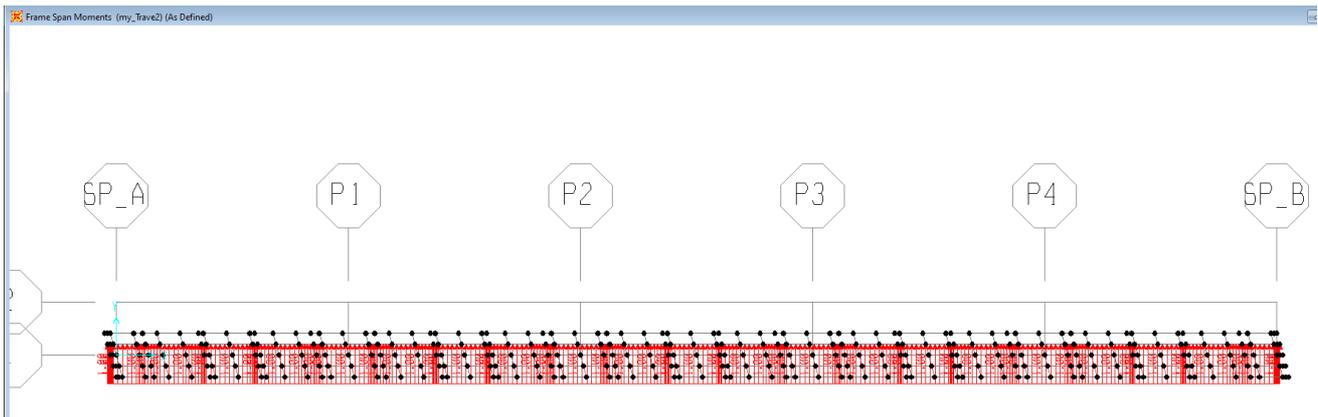
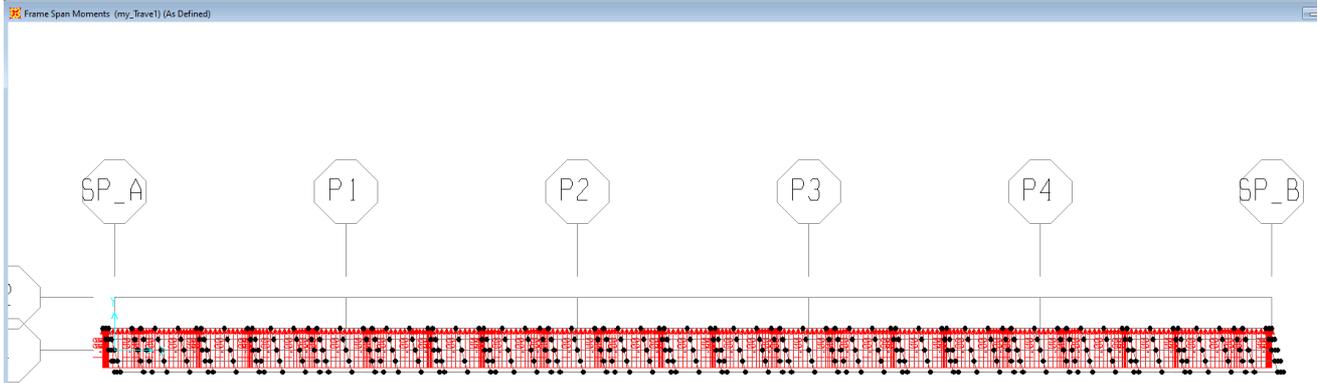
Frame Span Moments (mx\_Trave4) (As Defined)

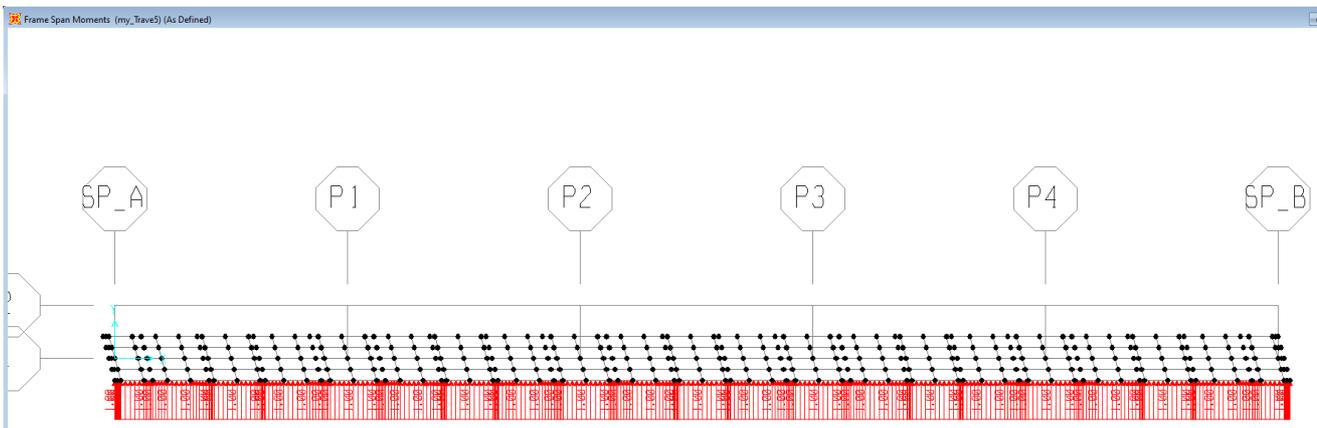
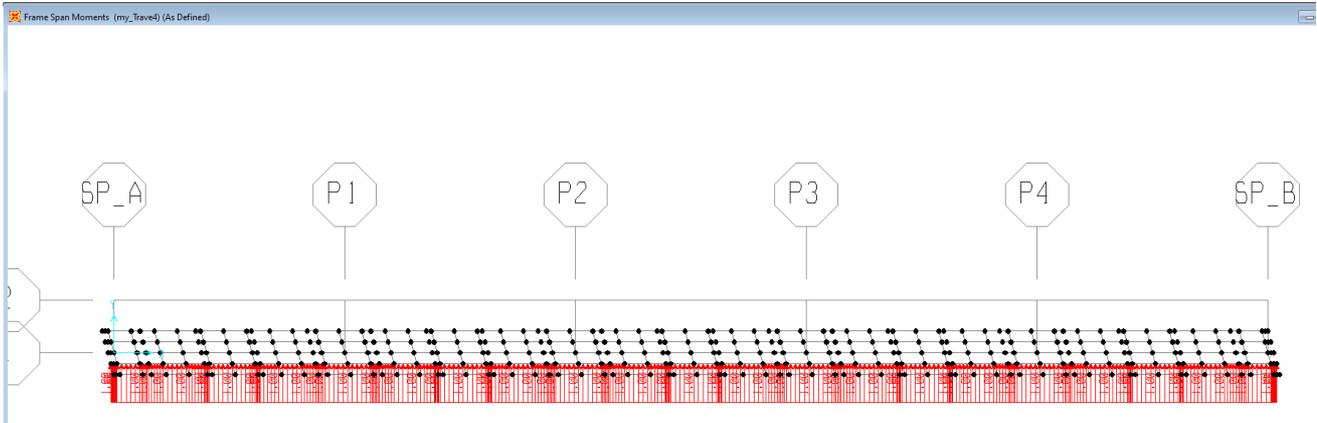


Frame Span Moments (mx\_Trave5) (As Defined)

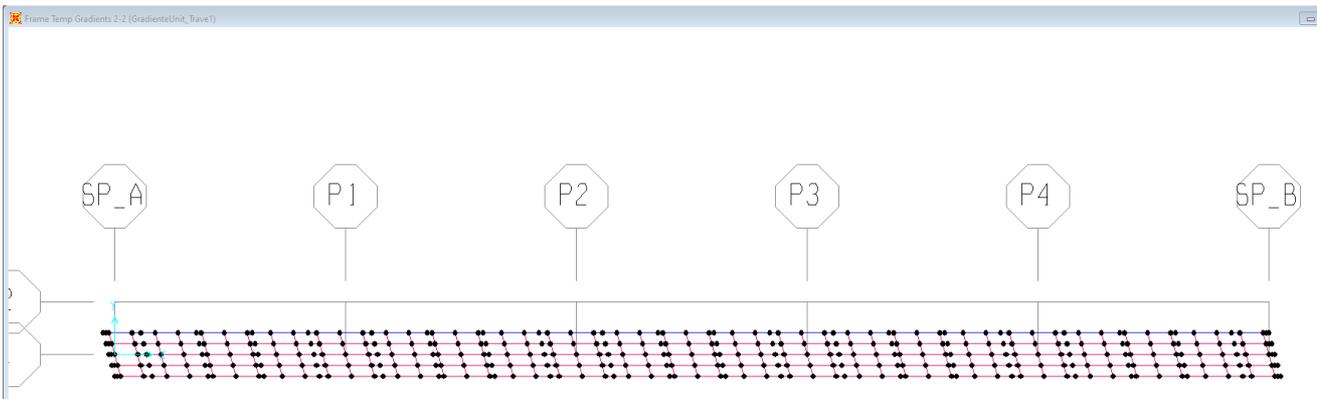


“my\_Trave1-5”: su ogni trave è stato applicato un momento unitario uniforme (vettore momento direzione +Y) uniformemente distribuito come riportato nelle seguenti figure.



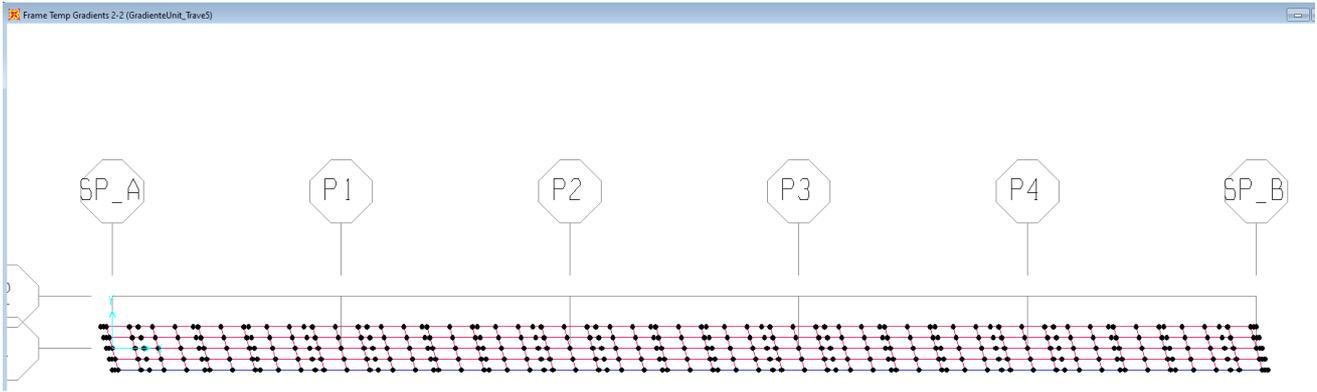
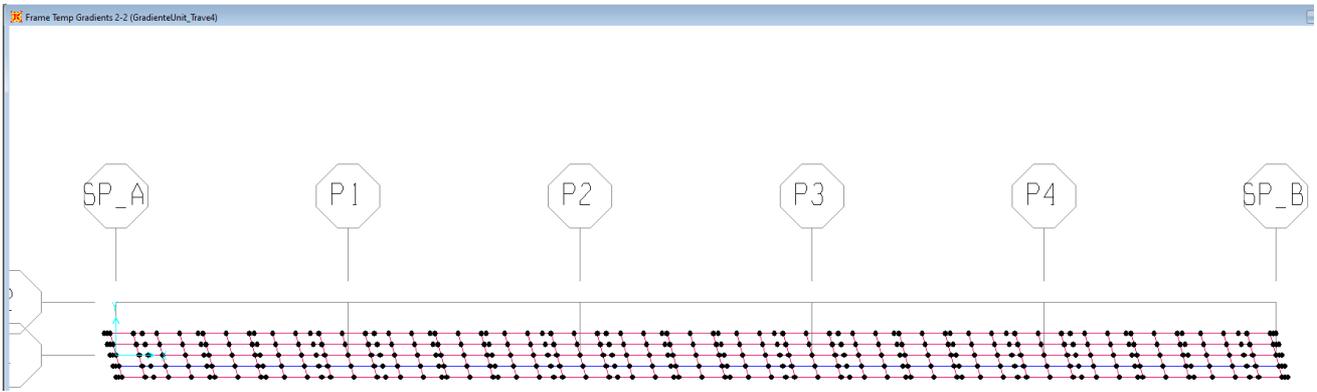
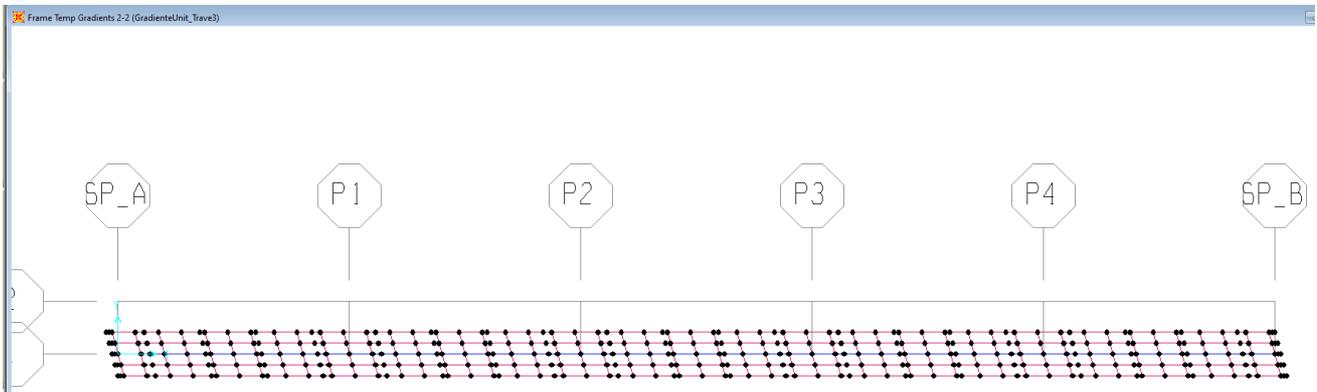
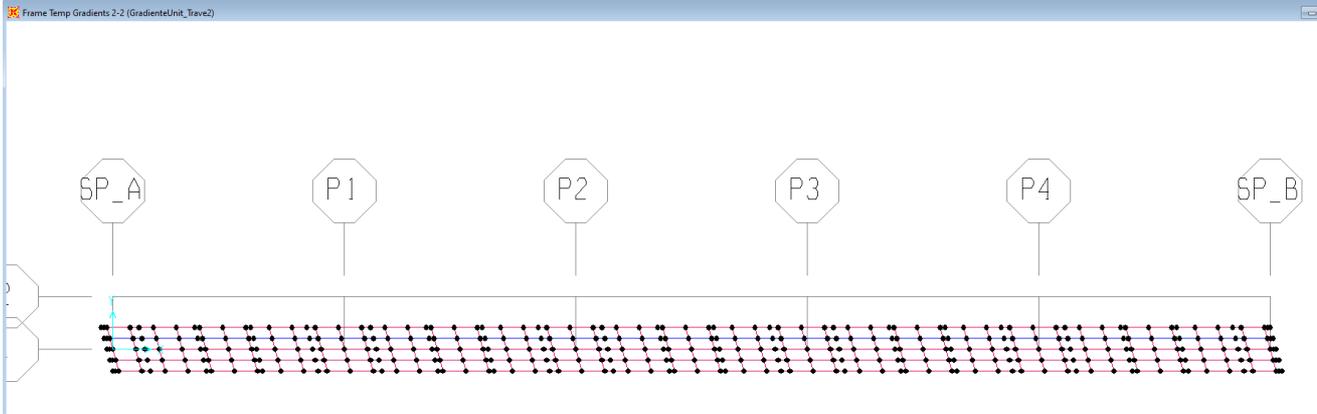


“**GradienteUnit\_Trave1-5**”: su ogni trave è stato applicato un gradiente termico unitario come riportato nelle seguenti figure.

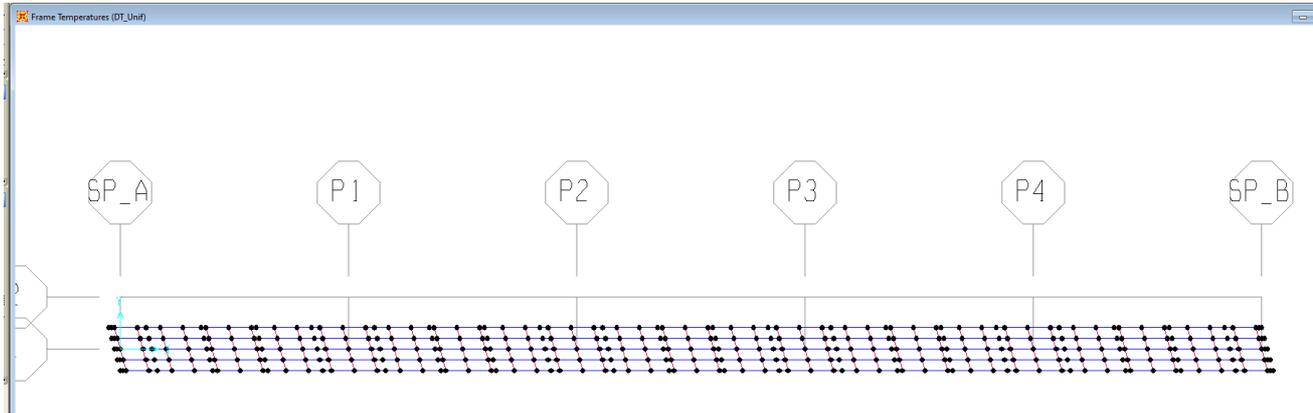


**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroschia**  
**Relazione di calcolo travi impalcato continuo in**  
**acc/cls**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	67 di 134



“DT\_Unif”: su ogni trave è stata applicata una variazione termica unitaria uniforme come riportato nella seguente figura.



A partire dai suindicati carichi unitari sono stati definiti i seguenti “Load Cases” per ciascun carico presente sull’impalcato.

**Load Case Data - Linear Static**

Load Case Name:   Notes:  Load Case Type:

Stiffness to Use:  Zero Initial Conditions - Unstressed State  Stiffness at End of Nonlinear Case    
Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Analysis Type:  Linear  Nonlinear  Nonlinear Staged Construction

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	PPaccConci	7.11
Load Pattern	PPaccConcio1-1	7.11
Load Pattern	PPaccConcio1-2	9.44
Load Pattern	PPaccConcio1-3	9.44
Load Pattern	PPaccConcio1-4	9.75
Load Pattern	PPaccConcio1-5	11.71
Load Pattern	PPaccConcio2-1	8.98
Load Pattern	PPaccConcio2-2	7.77
Load Pattern	PPaccConcio2-3	6.68

Load Case Data - Linear Static

Load Case Name <input type="text" value="PPsoletta_Fase1"/> <input type="button" value="Set Def Name"/>	Notes <input type="button" value="Modify/Show..."/>	Load Case Type <input type="text" value="Static"/> <input type="button" value="Design..."/>																					
Stiffness to Use <input checked="" type="radio"/> Zero Initial Conditions - Unstressed State <input type="radio"/> Stiffness at End of Nonlinear Case <input type="text" value=""/> Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case	Analysis Type <input checked="" type="radio"/> Linear <input type="radio"/> Nonlinear <input type="radio"/> Nonlinear Staged Construction																						
Loads Applied																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Type</th> <th>Load Name</th> <th>Scale Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fz_Trave1</td> <td>23.62</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fz_Trave1</td> <td>23.62</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fz_Trave2</td> <td>18.03</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fz_Trave3</td> <td>19.93</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fz_Trave4</td> <td>18.03</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fz_Trave5</td> <td>23.62</td> </tr> </tbody> </table>	Load Type	Load Name	Scale Factor	Load Pattern	fz_Trave1	23.62	Load Pattern	fz_Trave1	23.62	Load Pattern	fz_Trave2	18.03	Load Pattern	fz_Trave3	19.93	Load Pattern	fz_Trave4	18.03	Load Pattern	fz_Trave5	23.62	<input type="button" value="Add"/>  <input type="button" value="Modify"/>  <input type="button" value="Delete"/>	<input type="button" value="OK"/>  <input type="button" value="Cancel"/>
Load Type	Load Name	Scale Factor																					
Load Pattern	fz_Trave1	23.62																					
Load Pattern	fz_Trave1	23.62																					
Load Pattern	fz_Trave2	18.03																					
Load Pattern	fz_Trave3	19.93																					
Load Pattern	fz_Trave4	18.03																					
Load Pattern	fz_Trave5	23.62																					

Load Case Data - Linear Static

Load Case Name <input type="text" value="Vento_To"/> <input type="button" value="Set Def Name"/>	Notes <input type="button" value="Modify/Show..."/>	Load Case Type <input type="text" value="Static"/> <input type="button" value="Design..."/>																														
Stiffness to Use <input checked="" type="radio"/> Zero Initial Conditions - Unstressed State <input type="radio"/> Stiffness at End of Nonlinear Case <input type="text" value=""/> Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case	Analysis Type <input checked="" type="radio"/> Linear <input type="radio"/> Nonlinear <input type="radio"/> Nonlinear Staged Construction																															
Loads Applied																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Type</th> <th>Load Name</th> <th>Scale Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fy_Trave1</td> <td>1.52</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fy_Trave1</td> <td>1.52</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fy_Trave2</td> <td>1.52</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fy_Trave3</td> <td>1.52</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fy_Trave4</td> <td>1.52</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fy_Trave5</td> <td>1.52</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fz_Trave1</td> <td>1.29</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fz_Trave2</td> <td>0.65</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fz_Trave3</td> <td>0.</td> </tr> </tbody> </table>	Load Type	Load Name	Scale Factor	Load Pattern	fy_Trave1	1.52	Load Pattern	fy_Trave1	1.52	Load Pattern	fy_Trave2	1.52	Load Pattern	fy_Trave3	1.52	Load Pattern	fy_Trave4	1.52	Load Pattern	fy_Trave5	1.52	Load Pattern	fz_Trave1	1.29	Load Pattern	fz_Trave2	0.65	Load Pattern	fz_Trave3	0.	<input type="button" value="Add"/>  <input type="button" value="Modify"/>  <input type="button" value="Delete"/>	<input type="button" value="OK"/>  <input type="button" value="Cancel"/>
Load Type	Load Name	Scale Factor																														
Load Pattern	fy_Trave1	1.52																														
Load Pattern	fy_Trave1	1.52																														
Load Pattern	fy_Trave2	1.52																														
Load Pattern	fy_Trave3	1.52																														
Load Pattern	fy_Trave4	1.52																														
Load Pattern	fy_Trave5	1.52																														
Load Pattern	fz_Trave1	1.29																														
Load Pattern	fz_Trave2	0.65																														
Load Pattern	fz_Trave3	0.																														

Load Case Data - Linear Static

Load Case Name <input type="text" value="Vento_To"/> <input type="button" value="Set Def Name"/>	Notes <input type="button" value="Modify/Show..."/>	Load Case Type Static <input type="button" value="Design..."/>																														
Stiffness to Use <input checked="" type="radio"/> Zero Initial Conditions - Unstressed State <input type="radio"/> Stiffness at End of Nonlinear Case <input type="text" value=""/> Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case	Analysis Type <input checked="" type="radio"/> Linear <input type="radio"/> Nonlinear <input type="radio"/> Nonlinear Staged Construction																															
Loads Applied																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Type</th> <th>Load Name</th> <th>Scale Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fy_Trave1</td> <td>1.52</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fy_Trave3</td> <td>1.52</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fy_Trave4</td> <td>1.52</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fy_Trave5</td> <td>1.52</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fz_Trave1</td> <td>1.29</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fz_Trave2</td> <td>0.65</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fz_Trave3</td> <td>0.</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fz_Trave4</td> <td>-0.65</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fz_Trave5</td> <td>-1.29</td> </tr> </tbody> </table>	Load Type	Load Name	Scale Factor	Load Pattern	fy_Trave1	1.52	Load Pattern	fy_Trave3	1.52	Load Pattern	fy_Trave4	1.52	Load Pattern	fy_Trave5	1.52	Load Pattern	fz_Trave1	1.29	Load Pattern	fz_Trave2	0.65	Load Pattern	fz_Trave3	0.	Load Pattern	fz_Trave4	-0.65	Load Pattern	fz_Trave5	-1.29	<input type="button" value="Add"/>  <input type="button" value="Modify"/>  <input type="button" value="Delete"/>	<input type="button" value="OK"/>  <input type="button" value="Cancel"/>
Load Type	Load Name	Scale Factor																														
Load Pattern	fy_Trave1	1.52																														
Load Pattern	fy_Trave3	1.52																														
Load Pattern	fy_Trave4	1.52																														
Load Pattern	fy_Trave5	1.52																														
Load Pattern	fz_Trave1	1.29																														
Load Pattern	fz_Trave2	0.65																														
Load Pattern	fz_Trave3	0.																														
Load Pattern	fz_Trave4	-0.65																														
Load Pattern	fz_Trave5	-1.29																														

Load Case Data - Linear Static

Load Case Name <input type="text" value="FrenAcc_To"/> <input type="button" value="Set Def Name"/>	Notes <input type="button" value="Modify/Show..."/>	Load Case Type Static <input type="button" value="Design..."/>																														
Stiffness to Use <input checked="" type="radio"/> Zero Initial Conditions - Unstressed State <input type="radio"/> Stiffness at End of Nonlinear Case <input type="text" value=""/> Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case	Analysis Type <input checked="" type="radio"/> Linear <input type="radio"/> Nonlinear <input type="radio"/> Nonlinear Staged Construction																															
Loads Applied																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Type</th> <th>Load Name</th> <th>Scale Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fx_Trave1</td> <td>0.82</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fx_Trave1</td> <td>0.82</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fx_Trave2</td> <td>0.82</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fx_Trave3</td> <td>0.82</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fx_Trave4</td> <td>0.82</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fx_Trave5</td> <td>0.82</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>my_Trave1</td> <td>1.13</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>my_Trave2</td> <td>1.13</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>my_Trave3</td> <td>1.13</td> </tr> </tbody> </table>	Load Type	Load Name	Scale Factor	Load Pattern	fx_Trave1	0.82	Load Pattern	fx_Trave1	0.82	Load Pattern	fx_Trave2	0.82	Load Pattern	fx_Trave3	0.82	Load Pattern	fx_Trave4	0.82	Load Pattern	fx_Trave5	0.82	Load Pattern	my_Trave1	1.13	Load Pattern	my_Trave2	1.13	Load Pattern	my_Trave3	1.13	<input type="button" value="Add"/>  <input type="button" value="Modify"/>  <input type="button" value="Delete"/>	<input type="button" value="OK"/>  <input type="button" value="Cancel"/>
Load Type	Load Name	Scale Factor																														
Load Pattern	fx_Trave1	0.82																														
Load Pattern	fx_Trave1	0.82																														
Load Pattern	fx_Trave2	0.82																														
Load Pattern	fx_Trave3	0.82																														
Load Pattern	fx_Trave4	0.82																														
Load Pattern	fx_Trave5	0.82																														
Load Pattern	my_Trave1	1.13																														
Load Pattern	my_Trave2	1.13																														
Load Pattern	my_Trave3	1.13																														

Load Case Data - Linear Static

Load Case Name <input type="text" value="FrenAcc_To"/> <input type="button" value="Set Def Name"/>	Notes <input type="button" value="Modify/Show..."/>	Load Case Type <input type="text" value="Static"/> <input type="button" value="Design..."/>																														
Stiffness to Use <input checked="" type="radio"/> Zero Initial Conditions - Unstressed State <input type="radio"/> Stiffness at End of Nonlinear Case <input type="text" value=""/> Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case	Analysis Type <input checked="" type="radio"/> Linear <input type="radio"/> Nonlinear <input type="radio"/> Nonlinear Staged Construction																															
Loads Applied																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Type</th> <th>Load Name</th> <th>Scale Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="text" value="Load Pattern"/></td> <td><input type="text" value="fx_Trave1"/></td> <td><input type="text" value="0.82"/></td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fx_Trave3</td> <td>0.82</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fx_Trave4</td> <td>0.82</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>fx_Trave5</td> <td>0.82</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>my_Trave1</td> <td>1.13</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>my_Trave2</td> <td>1.13</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>my_Trave3</td> <td>1.13</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>my_Trave4</td> <td>1.13</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>my_Trave5</td> <td>1.13</td> </tr> </tbody> </table>	Load Type	Load Name	Scale Factor	<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="fx_Trave1"/>	<input type="text" value="0.82"/>	Load Pattern	fx_Trave3	0.82	Load Pattern	fx_Trave4	0.82	Load Pattern	fx_Trave5	0.82	Load Pattern	my_Trave1	1.13	Load Pattern	my_Trave2	1.13	Load Pattern	my_Trave3	1.13	Load Pattern	my_Trave4	1.13	Load Pattern	my_Trave5	1.13	<input type="button" value="Add"/>  <input type="button" value="Modify"/>  <input type="button" value="Delete"/>	<input type="button" value="OK"/>  <input type="button" value="Cancel"/>
Load Type	Load Name	Scale Factor																														
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="fx_Trave1"/>	<input type="text" value="0.82"/>																														
Load Pattern	fx_Trave3	0.82																														
Load Pattern	fx_Trave4	0.82																														
Load Pattern	fx_Trave5	0.82																														
Load Pattern	my_Trave1	1.13																														
Load Pattern	my_Trave2	1.13																														
Load Pattern	my_Trave3	1.13																														
Load Pattern	my_Trave4	1.13																														
Load Pattern	my_Trave5	1.13																														

Load Case Data - Linear Static

Load Case Name <input type="text" value="DT_Diff_Effetto2_To"/> <input type="button" value="Set Def Name"/>	Notes <input type="button" value="Modify/Show..."/>	Load Case Type <input type="text" value="Static"/> <input type="button" value="Design..."/>																					
Stiffness to Use <input checked="" type="radio"/> Zero Initial Conditions - Unstressed State <input type="radio"/> Stiffness at End of Nonlinear Case <input type="text" value=""/> Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case	Analysis Type <input checked="" type="radio"/> Linear <input type="radio"/> Nonlinear <input type="radio"/> Nonlinear Staged Construction																						
Loads Applied																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Type</th> <th>Load Name</th> <th>Scale Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="text" value="Load Pattern"/></td> <td><input type="text" value="GradienteUn"/></td> <td><input type="text" value="-3.3"/></td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>GradienteUnit_T</td> <td>-3.3</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>GradienteUnit_T</td> <td>-2.05</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>GradienteUnit_T</td> <td>-2.4</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>GradienteUnit_T</td> <td>-2.05</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>GradienteUnit_T</td> <td>-3.3</td> </tr> </tbody> </table>	Load Type	Load Name	Scale Factor	<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="GradienteUn"/>	<input type="text" value="-3.3"/>	Load Pattern	GradienteUnit_T	-3.3	Load Pattern	GradienteUnit_T	-2.05	Load Pattern	GradienteUnit_T	-2.4	Load Pattern	GradienteUnit_T	-2.05	Load Pattern	GradienteUnit_T	-3.3	<input type="button" value="Add"/>  <input type="button" value="Modify"/>  <input type="button" value="Delete"/>	<input type="button" value="OK"/>  <input type="button" value="Cancel"/>
Load Type	Load Name	Scale Factor																					
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="GradienteUn"/>	<input type="text" value="-3.3"/>																					
Load Pattern	GradienteUnit_T	-3.3																					
Load Pattern	GradienteUnit_T	-2.05																					
Load Pattern	GradienteUnit_T	-2.4																					
Load Pattern	GradienteUnit_T	-2.05																					
Load Pattern	GradienteUnit_T	-3.3																					

Load Case Data - Linear Static

Load Case Name <input type="text" value="Permanenti_Too"/> <input type="button" value="Set Def Name"/>	Notes <input type="button" value="Modify/Show..."/>	Load Case Type <input type="text" value="Static"/> <input type="button" value="Design..."/>																					
Stiffness to Use <input checked="" type="radio"/> Zero Initial Conditions - Unstressed State <input type="radio"/> Stiffness at End of Nonlinear Case <input type="text" value=""/> <p>Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case</p>		Analysis Type <input checked="" type="radio"/> Linear <input type="radio"/> Nonlinear <input type="radio"/> Nonlinear Staged Construction																					
Loads Applied <table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Type</th> <th>Load Name</th> <th>Scale Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="text" value="Load Pattern"/></td> <td><input type="text" value="fz_Trave1"/></td> <td><input type="text" value="24.5"/></td> </tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <td><input type="text" value="Load Pattern"/></td> <td><input type="text" value="fz_Trave1"/></td> <td><input type="text" value="24.5"/></td> </tr> <tr> <td><input type="text" value="Load Pattern"/></td> <td><input type="text" value="fz_Trave2"/></td> <td><input type="text" value="5.67"/></td> </tr> <tr> <td><input type="text" value="Load Pattern"/></td> <td><input type="text" value="fz_Trave3"/></td> <td><input type="text" value="5.67"/></td> </tr> <tr> <td><input type="text" value="Load Pattern"/></td> <td><input type="text" value="fz_Trave4"/></td> <td><input type="text" value="5.67"/></td> </tr> <tr> <td><input type="text" value="Load Pattern"/></td> <td><input type="text" value="fz_Trave5"/></td> <td><input type="text" value="24.5"/></td> </tr> </tbody> </table> <input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Modify"/> <input type="button" value="Delete"/>			Load Type	Load Name	Scale Factor	<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="fz_Trave1"/>	<input type="text" value="24.5"/>	<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="fz_Trave1"/>	<input type="text" value="24.5"/>	<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="fz_Trave2"/>	<input type="text" value="5.67"/>	<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="fz_Trave3"/>	<input type="text" value="5.67"/>	<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="fz_Trave4"/>	<input type="text" value="5.67"/>	<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="fz_Trave5"/>	<input type="text" value="24.5"/>
Load Type	Load Name	Scale Factor																					
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="fz_Trave1"/>	<input type="text" value="24.5"/>																					
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="fz_Trave1"/>	<input type="text" value="24.5"/>																					
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="fz_Trave2"/>	<input type="text" value="5.67"/>																					
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="fz_Trave3"/>	<input type="text" value="5.67"/>																					
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="fz_Trave4"/>	<input type="text" value="5.67"/>																					
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="fz_Trave5"/>	<input type="text" value="24.5"/>																					
		<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>																					

Load Case Data - Linear Static

Load Case Name <input type="text" value="DT_Unif_Too"/> <input type="button" value="Set Def Name"/>	Notes <input type="button" value="Modify/Show..."/>	Load Case Type <input type="text" value="Static"/> <input type="button" value="Design..."/>									
Stiffness to Use <input checked="" type="radio"/> Zero Initial Conditions - Unstressed State <input type="radio"/> Stiffness at End of Nonlinear Case <input type="text" value=""/> <p>Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case</p>		Analysis Type <input checked="" type="radio"/> Linear <input type="radio"/> Nonlinear <input type="radio"/> Nonlinear Staged Construction									
Loads Applied <table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Type</th> <th>Load Name</th> <th>Scale Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="text" value="Load Pattern"/></td> <td><input type="text" value="DT_Unif"/></td> <td><input type="text" value="15."/></td> </tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <td><input type="text" value="Load Pattern"/></td> <td><input type="text" value="DT_Unif"/></td> <td><input type="text" value="15."/></td> </tr> </tbody> </table> <input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Modify"/> <input type="button" value="Delete"/>			Load Type	Load Name	Scale Factor	<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="DT_Unif"/>	<input type="text" value="15."/>	<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="DT_Unif"/>	<input type="text" value="15."/>
Load Type	Load Name	Scale Factor									
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="DT_Unif"/>	<input type="text" value="15."/>									
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="DT_Unif"/>	<input type="text" value="15."/>									
		<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>									

Load Case Data - Linear Static

Load Case Name:

Notes:

Load Case Type:

Stiffness to Use:

Zero Initial Conditions - Unstressed State

Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Analysis Type:

Linear

Nonlinear

Nonlinear Staged Construction

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="GradienteUn"/>	<input type="text" value="-11.7"/>
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="GradienteUnit_T"/>	<input type="text" value="-11.7"/>
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="GradienteUnit_T"/>	<input type="text" value="-7.9"/>
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="GradienteUnit_T"/>	<input type="text" value="-9.1"/>
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="GradienteUnit_T"/>	<input type="text" value="-7.9"/>
<input type="text" value="Load Pattern"/>	<input type="text" value="GradienteUnit_T"/>	<input type="text" value="-11.7"/>

I carichi verticali da traffico sono stati modellati nel seguente modo.

**Schema di carico 1**

Sono state definite le corsie di carico per ogni trave secondo gli schemi riportati nel § 6.2.2.1 attraverso “Bridge Loads - Vehicles.

A titolo di esempio si riportano i “vehicles” riferiti allo schema di carico di due corsie disposte a bordo carreggiata:

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia**  
**Relazione di calcolo travi impalcato continuo in acc/c/s**

COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO IVX809001	REV. B	FOGLIO 74 di 134
------------------	-------------	---------------------	------------------------	-----------	---------------------

Vehicle name: C1C2\_Bordo\_Trave1 Units: KN, m, C

**Floating Axle Loads**

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0.	One Point	
For Other Responses	0.	One Point	

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

**Usage**

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

**Min Dist Allowed From Axle Load**

Lane Exterior Edge: 0.3048  
 Lane Interior Edge: 0.6096

**Length Effects**

Axle: None Modify/Show...  
 Uniform: None Modify/Show...

**Loads**

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		8.2	Zero Width		104.9	One Point	
Leading Load	Infinite		8.2	Zero Width		104.9	One Point	
Fixed Length	1.2		8.2	Zero Width		104.9	One Point	
Trailing Load	Infinite		8.2	Zero Width				

Add Insert Modify Delete

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

OK Cancel

Vehicle name: C1C2\_Bordo\_Trave2 Units: KN, m, C

**Floating Axle Loads**

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0.	One Point	
For Other Responses	0.	One Point	

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

**Usage**

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

**Min Dist Allowed From Axle Load**

Lane Exterior Edge: 0.3048  
 Lane Interior Edge: 0.6096

**Length Effects**

Axle: None Modify/Show...  
 Uniform: None Modify/Show...

**Loads**

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		18.5	Zero Width		178.6	One Point	
Leading Load	Infinite		18.5	Zero Width		178.6	One Point	
Fixed Length	1.2		18.5	Zero Width		178.6	One Point	
Trailing Load	Infinite		18.5	Zero Width				

Add Insert Modify Delete

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

OK Cancel

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia**  
**Relazione di calcolo travi impalcato continuo in acc/cfs**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	75 di 134

Vehicle name: C1C2\_Bordo\_Trave3 Units: KN, m, C

**Floating Axle Loads**

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0.	One Point	
For Other Responses	0.	One Point	

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

**Usage**

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

**Min Dist Allowed From Axle Load**

Lane Exterior Edge: 0.3048  
 Lane Interior Edge: 0.6096

**Length Effects**

Axle: None (Modify/Show...)  
 Uniform: None (Modify/Show...)

**Loads**

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		5.3	Zero Width		143.7	One Point	
Leading Load	Infinite		5.3	Zero Width		143.7	One Point	
Fixed Length	1.2		5.3	Zero Width		143.7	One Point	
Trailing Load	Infinite		5.3	Zero Width				

Add Insert Modify Delete

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

OK Cancel

Vehicle name: C1C2\_Bordo\_Trave4 Units: KN, m, C

**Floating Axle Loads**

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0.	One Point	
For Other Responses	0.	One Point	

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

**Usage**

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

**Min Dist Allowed From Axle Load**

Lane Exterior Edge: 0.3048  
 Lane Interior Edge: 0.6096

**Length Effects**

Axle: None (Modify/Show...)  
 Uniform: None (Modify/Show...)

**Loads**

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		5.2	Zero Width		72.8	One Point	
Leading Load	Infinite		5.2	Zero Width		72.8	One Point	
Fixed Length	1.2		5.2	Zero Width		72.8	One Point	
Trailing Load	Infinite		5.2	Zero Width				

Add Insert Modify Delete

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

OK Cancel

Vehicle name: C1C2\_Bordo\_Trave5 Units: KN, m, C

Floating Axle Loads  
 For Lane Moments: Value: 0. Width Type: One Point Axle Width:   
 For Other Responses: Value: 0. Width Type: One Point Axle Width:   
 Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

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

Min Dist Allowed From Axle Load  
 Lane Exterior Edge: 0.3048  
 Lane Interior Edge: 0.6096

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

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		2.3	Zero Width		0.	One Point	
Leading Load	Infinite		2.3	Zero Width		0.	One Point	
Fixed Length	1.2		2.3	Zero Width		0.	One Point	
Trailing Load	Infinite		2.3	Zero Width				

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

OK Cancel

Ciascuno dei suindicati veicoli è stato disposto su una “lane” coincidente con la relativa trave e quindi sono stati assemblati per il tramite di un “moving load”:

**Load Case Data - Moving Load**

Load Case Name: C1C2\_Bordo\_To Set Def Name Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Moving Load Design...

Stiffness to Use: Zero Initial Conditions - Unstressed State  
 Stiffness at End of Nonlinear Case   
 Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

MultiLane Scale Factors  
 Number of Lanes Loaded: 1 Reduction Scale Factor: 1  
 1 1. 2 1. 3 1. 4 1. 5 1. 6 1. Modify

Assign Number	Vehicle Class	Scale Factor	Min Loaded Lanes	Max Loaded Lanes	Lanes Loaded
1	C1C2_Bordo	1.	0	0	Some
2	C1C2_Bordo_	1.	0	0	Some
3	C1C2_Bordo_	1.	0	0	Some
4	C1C2_Bordo_	1.	0	0	Some
5	C1C2_Bordo_	1.	0	0	Some

Add Modify Delete

Lanes Loaded for Assignment 1  
 List of Lane Definitions: MarciapiedeDX, MarciapiedeSX, Trave2, Trave3, Trave4, Trave5  
 Selected Lane Definitions: Trave1  
 Add -> <- Remove

OK Cancel

## Schema di carico 2

È stato definito un carico attraverso “Bridge Loads – Vehicles corrispondente alla folla sulla larghezza del marciapiede:

Vehicle name  
Folla

Units  
KN, m, C

**Floating Axle Loads**

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0.	One Point	
For Other Responses	0.	One Point	

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Load Plan



Load Elevation

**Usage**

Lane Negative Moments at Supports

Interior Vertical Support Forces

All other Responses

**Min Dist Allowed From Axle Load**

Lane Exterior Edge 0.3048

Lane Interior Edge 0.6096

**Length Effects**

Axle None Modify/Show...

Uniform None Modify/Show...

**Loads**

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		3.75	Zero Width		0.	One Point	
Leading Load	Infinite		3.75	Zero Width		0.	One Point	

Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only    **Straddle Reduction Factor**

Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

Tale carico è stato disposto su una “lane” coincidente con il marciapiede SX o DX e quindi assemblati per il tramite di un “moving load”:

Load Case Data - Moving Load

Load Case Name  
FollaSx\_ML\_To Set Def Name

Notes  
Modify/Show...

Load Case Type  
Moving Load Design...

Stiffness to Use

Zero Initial Conditions - Unstressed State

Stiffness at End of Nonlinear Case ▼

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

MultLane Scale Factors

Number of Lanes Loaded	Reduction Scale Factor
1	1.
2	1.
3	1.
4	1.
5	1.
6	1.

Modify

Loads Applied

Assign Number	Vehicle Class	Scale Factor	Min Loaded Lanes	Max Loaded Lanes	Lanes Loaded
1	Folla	1.	0	0	Some

Add Modify Delete

Lanes Loaded for Assignment 1

List of Lane Definitions	Selected Lane Definitions
MarciapiedeDX	MarciapiedeSX
Trave1	
Trave2	
Trave3	
Trave4	
Trave5	

Add -> <- Remove

OK Cancel

Load Case Data - Moving Load

Load Case Name  
FollaSxDx\_ML\_To Set Def Name

Notes  
Modify/Show...

Load Case Type  
Moving Load Design...

Stiffness to Use

Zero Initial Conditions - Unstressed State

Stiffness at End of Nonlinear Case ▼

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

MultLane Scale Factors

Number of Lanes Loaded	Reduction Scale Factor
1	1.
2	1.
3	1.
4	1.
5	1.
6	1.

Modify

Loads Applied

Assign Number	Vehicle Class	Scale Factor	Min Loaded Lanes	Max Loaded Lanes	Lanes Loaded
1	Folla	1.	0	0	Some
2	Folla	1.	0	0	Some

Add Modify Delete

Lanes Loaded for Assignment 1

List of Lane Definitions	Selected Lane Definitions
MarciapiedeDX	MarciapiedeSX
Trave1	
Trave2	
Trave3	
Trave4	
Trave5	

Add -> <- Remove

OK Cancel

### 10.1.2 Analisi sismica

Si effettuano due tipi di analisi:

- analisi lineare dinamica – valutazione effetti verticali su impalcato;
- analisi lineare statica – valutazione effetti azioni longitudinali su spalla fissa (isolatori) e trasversali su spalle e pile (appoggi unidirezionali longitudinali).

**L'analisi dinamica lineare** consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare dell'impalcato (analisi modale);
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
- nella combinazione di questi effetti, mediante una combinazione quadratica completa (CQC).

**L'analisi lineare statica effetti longitudinali:** viene svolta linearizzando il comportamento dei dispositivi longitudinali.

Questa analisi può essere effettuata in quanto vengono soddisfatte le condizioni di cui al par. 7.10.5.2 di NTC2018, di seguito richiamate:

1. la rigidità equivalente del sistema d'isolamento è almeno pari al 50% della rigidità secante per cicli con spostamento pari al 20% dello spostamento di riferimento;
2. lo smorzamento lineare equivalente del sistema di isolamento, come definito in precedenza, è inferiore al 30%;
3. le caratteristiche forza-spostamento del sistema di isolamento non variano più del 10% per effetto della velocità di deformazione, in un campo del +/- 30% intorno al valore di progetto, e dell'azione verticale sui dispositivi, nel campo di variabilità di progetto;
4. l'incremento della forza nel sistema d'isolamento per spostamenti tra  $0.5 d_{dc}$  e  $d_{dc}$ , essendo  $d_{dc}$  lo spostamento del centro di rigidità dovuto all'azione sismica, è almeno pari al 2.5% del peso totale della sovrastruttura.

La linearizzazione consiste nel modellare il sistema di isolamento a comportamento elasto-plastico incrudente con un diagramma forza spostamento di tipo elastico lineare equivalente, avente rigidità pari a quella secante riferita allo spostamento massimo di progetto  $K_{eff} = F_{max}/d_d$  e smorzamento equivalente  $\xi_{eff} = E_D/(2\pi \cdot F_{max} \cdot d_d)$ , impiegato per valutare il fattore di alterazione dello spettro  $\eta$ , essendo  $E_D = 4(F_y \cdot d_d - F_{max} \cdot d_y)$  l'area del ciclo di isteresi (energia dissipata).

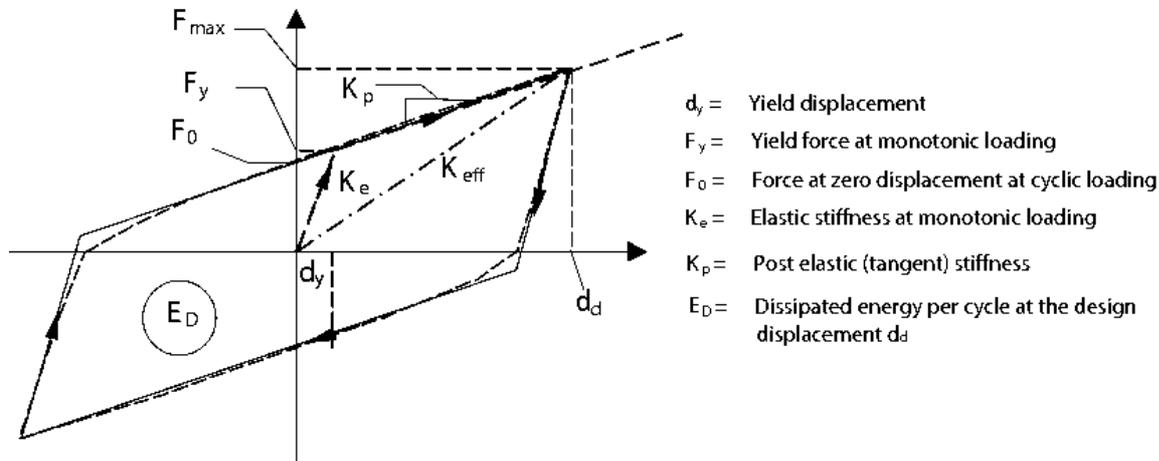


Figura 5 – Diagramma forza-spostamenti per dispositivi non lineari

Pertanto il problema è ricondotto all'analisi di un sistema elementare ad un grado di libertà avente la massa totale dell'impalcato

Le proprietà meccaniche del sistema di isolamento adottate nelle analisi di progetto sono le più sfavorevoli che si possono verificare durante la vita utile dell'opera, in particolare si tiene conto della variabilità delle caratteristiche meccaniche dei dispositivi, assumendo una variabilità del coefficiente di rigidezza plastica  $K_p$  pari a  $\pm 20\%$ , e dell'entità delle deformazioni subite in relazione allo stato limite per la verifica del quale si svolge l'analisi.

Per lo SLC, i dispositivi di isolamento sono in grado di sostenere senza rotture lo spostamento  $d_2$ , valutato per un terremoto avente probabilità di superamento pari a quella prevista per lo SLC, cui va aggiunto il maggiore tra lo spostamento residuo allo SLD e il 50% dello spostamento corrispondente all'annullamento della forza, seguendo il ramo di scarico a partire dal punto di massimo spostamento raggiunto allo SLD – par. 7.10.6.2.2 di NTC2018.

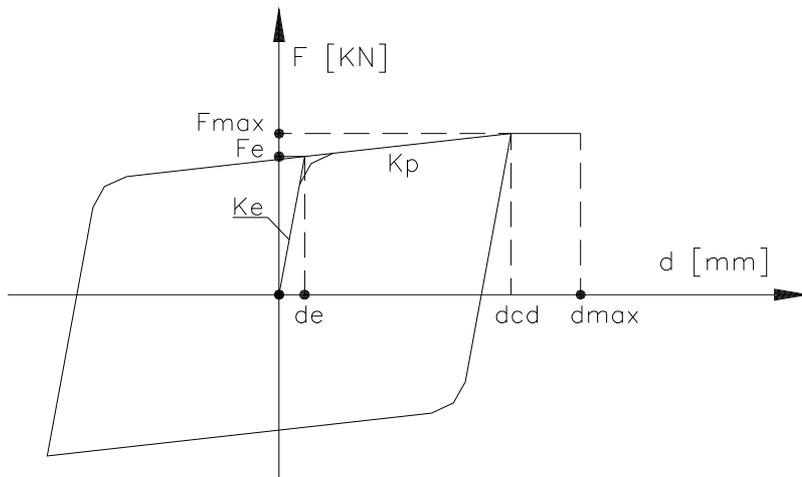
Pertanto le suddette analisi sono state svolte considerando:

- Azioni sulle sottostrutture (Spalla B). Azione sismica allo SLV
- Spostamenti del sistema di isolamento: Azione sismica allo SLC

**L'analisi lineare statica effetti trasversali:** viene svolta al fine di determinare gli effetti sugli appoggi unidirezionali longitudinali. Si assume l'accelerazione spettrale di plateau ( $S_e$ ) per lo SLV con fattore di struttura  $q=1$ , si calcola l'azione trasversale complessiva  $F=Massa \times S_e$ , quindi una azione trasversale a metro lineare  $F/ml = F/lunghezza\ impalcato$  e l'azione sui vari allineamenti di appoggi in funzione delle lunghezze di influenza.

### 10.1.2.1 Analisi lineare statica longitudinale

Dall'analisi statica lineare equivalente si definiscono i parametri nominali del singolo dispositivo, la forza massima trasmessa alla spalla "fissa" e lo spostamento longitudinale massimo dell'impalcato in fase sismica. Si procede modificando iterativamente il valore della rigidezza efficace  $K_{eff}$  quindi il periodo e la risposta della struttura fino a trovare il valore della forza  $F$  per il quale i valori di  $d_{cd}$  di due iterazioni successive risultano sostanzialmente coincidenti; l'iterazione comprende anche il calcolo a posteriori dello smorzamento.



Peso acciaio	9457 kN
Peso soletta	22575 kN
Permanenti portati	14500 kN
Sommano:	46532 kN

Accidentali mezzi	9678 kN
20% =	1936 kN

Totale peso $W_d$	48468 kN
$M_d$	4941 kNmassa

Parametri nominali del singolo dispositivo:

$K_e =$	30000	KN/m
$F_e =$	650	KN
$d_e =$	22	mm
$K_p =$	11250	KN/m

#### 10.1.2.1.1.1 *Risposta allo SLV*

##### Iterazione n.1

Parametri nominali del singolo dispositivo:

$K_e =$	30000	KN/m
---------	-------	------

$F_e =$	650	<b>KN</b>			
$d_e =$	22	<b>mm</b>	20%	-20%	
$K_p =$	11250	<b>KN/m</b>	13500	9000	<b>KN/m</b>
$d_{cd} =$	110	<b>mm</b>	110	110	<b>mm</b>
$d_{max} =$		<b>mm</b>			
$F_{max} =$	1650	<b>KN</b>	1848	1452	<b>KN</b>
$K_{eff} =$	15000	<b>KN/m</b>	16800	13200	<b>KN/m</b>

N. dispositivi

2

Parametri caratteristici somma n. dispositivi in parallelo

fase elastica					
$K_e =$	60000	<b>KN/m</b>			
$F_y =$	1300	<b>KN</b>			
$d_y =$	22	<b>mm</b>			
fase plastica			20%	-20%	
$K_p =$	22500	<b>KN/m</b>	27000	18000	<b>KN/m</b>
$F_{max} =$	3300	<b>KN</b>	3696	2904	<b>KN</b>
$d_{cd} =$	110	<b>mm</b>	110.0	110.0	<b>mm</b>

$K_{eff}$	30000 kN/m	33600	26400	kN/m
$E_d$	281.6 kJ	247	316	kJ
$\zeta_{eff}$	12.35% <=30%	9.66%	15.77%	<=30%
$T_{eff}$	2.55 s	2.41	2.72	s
$S_e$	0.1053 /g	0.1282	0.0846	/g
$F(Se)$	<b>5104 kN</b>	<b>6214</b>	<b>4100</b>	<b>kN</b>
$d_{cd,Fe}$	191.1 mm	204.0	177.6	mm
$\Delta d_{cd,Fe}$	81.1 mm	94.0	67.6	mm

$F(Se)$  singolo dispositivo    2552 kN            3107    2050 kN

### Iterazione n.2

Parametri nominali del singolo dispositivo:

$K_e =$	30000	<b>KN/m</b>			
$F_e =$	650	<b>KN</b>			
$d_e =$	22	<b>mm</b>	20%	-20%	
$K_p =$	11250	<b>KN/m</b>	13500	9000	<b>KN/m</b>
$d_{cd} =$	191.1	<b>mm</b>	204.0	177.6	<b>mm</b>

$d_{max} =$		mm			
$F_{max} =$	2562	KN	3117	2060	KN
$K_{eff} =$	13409	KN/m	15280	11602	KN/m

 N. dispositivi 2

Parametri caratteristici somma n. dispositivi in parallelo

fase elastica					
$K_e =$	60000	KN/m			
$F_y =$	1300	KN			
$d_y =$	22	mm			
fase plastica			20%	-20%	
$K_p =$	22500	KN/m	27000	18000	KN/m
$F_{max} =$	5123.674	KN	6234	4120	KN
$d_{cd} =$	191.1	mm	204.0	177.6	mm

$K_{eff}$	26818	kN/m	30559	23203	kN/m
$E_d$	542.6	kJ	512	561	kJ
$\zeta_{eff}$	8.82%	<b>&lt;=30%</b>	6.41%	12.20%	<b>&lt;=30%</b>
$T_{eff}$	2.70	s	2.53	2.90	s
$S_e$	0.1052	/g	0.1319	0.0817	/g
<b>F(Se)</b>	<b>5099</b>	<b>kN</b>	<b>6393</b>	<b>3960</b>	<b>kN</b>
$d_{cd,Fe}$	190.8	mm	210.6	169.8	mm
$\Delta d_{cd,Fe}$	-0.2	mm	6.6	-7.8	mm
F(Se) singolo dispositivo	2549	kN	3196	1980	kN

### Iterazione n.3

Parametri nominali del singolo dispositivo:

fase elastica					
$K_e =$	30000	KN/m			
$F_e =$	650	KN			
$d_e =$	22	mm	20%	-20%	
$K_p =$	11250	KN/m	13500	9000	KN/m
$d_{cd} =$	190.8	mm	210.6	169.8	mm
$d_{max} =$		mm			
$F_{max} =$	2559	KN	3206	1990	KN
$K_{eff} =$	13412	KN/m	15223	11721	KN/m

N. dispositivi 2

Parametri caratteristici somma n. dispositivi in parallelo

fase elastica					
$K_e =$	60000	KN/m			
$F_y =$	1300	KN			
$d_y =$	22	mm			
fase plastica			20%	-20%	
$K_p =$	22500	KN/m	27000	18000	KN/m
$F_{max} =$	5118.827	KN	6413	3980	KN
$d_{cd} =$	190.8368	mm	210.6	169.8	mm

$K_{eff}$	26823	kN/m	30447	23443	kN/m
$E_d$	541.9	kJ	531	533	kJ
$\zeta_{eff}$	8.83%	$\leq 30\%$	6.26%	12.55%	$\leq 30\%$
$T_{eff}$	2.70	s	2.53	2.88	s
$S_e$	0.1052	/g	0.1327	0.082	/g
<b>F(Se)</b>	<b>5099</b>	<b>kN</b>	<b>6432</b>	<b>3974</b>	<b>kN</b>
$d_{cd,Fe}$	190.8	mm	212.1	170.6	mm
$\Delta d_{cd,Fe}$	0.0	mm	1.4	0.8	mm
F(Se) singolo dispositivo	2549	kN	3216	1987	kN

#### Iterazione n.4

Parametri nominali del singolo dispositivo:

$K_e =$	30000	KN/m			
$F_e =$	650	KN			
$d_e =$	22	mm	20%	-20%	
$K_p =$	11250	KN/m	13500	9000	KN/m
$d_{cd} =$	190.8	mm	212.1	170.6	mm
$d_{max} =$		mm			
$F_{max} =$	2559	KN	3226	1997	KN
$K_{eff} =$	13412	KN/m	15212	11708	KN/m

N. dispositivi 2

Parametri caratteristici somma n. dispositivi in parallelo

<b>fase elastica</b>					
$K_e =$	60000	<b>KN/m</b>			
$F_y =$	1300	<b>KN</b>			
$d_y =$	22	<b>mm</b>			
<b>fase plastica</b>			20%	-20%	
$K_p =$	22500	<b>KN/m</b>	27000	18000	<b>KN/m</b>
$F_{max} =$	5118.827	<b>KN</b>	6452	3994	<b>KN</b>
$d_{cd} =$	190.8368	<b>mm</b>	212.1	170.6	<b>mm</b>

$K_{eff}$	26823 kN/m	30424	23417 kN/m
$E_d$	541.9 kJ	535	535 kJ
$\zeta_{eff}$	8.83% <b>&lt;=30%</b>	6.22%	12.51% <b>&lt;=30%</b>
$T_{eff}$	2.70 s	2.53	2.89 s
$S_e$	0.1052 /g	0.133	0.0816 /g
<b>F(Se)</b>	<b>5099 kN</b>	<b>6446</b>	<b>3955 kN</b>
$d_{cd,Fe}$	190.8 mm	212.6	169.5 mm
$\Delta d_{cd,Fe}$	0.0 mm	0.5	-1.1 mm
<b>F(Se) singolo dispositivo</b>	<b>2549 kN</b>	<b>3223</b>	<b>1977 kN</b>

Valori di forza massima e spostamento sul singolo dispositivo allo SLV:

$F = 3225 \text{ KN}$

$d_{cp} = 212.6 \text{ mm}$

#### 10.1.2.1.1.2 Risposta allo SLC

##### Iterazione n.1

Parametri nominali del singolo dispositivo:

$K_e =$	30000	<b>KN/m</b>			
$F_e =$	650	<b>KN</b>			
$d_e =$	22	<b>mm</b>	20%	-20%	
$K_p =$	11250	<b>KN/m</b>	13500	9000	<b>KN/m</b>
$d_{cd} =$	110	<b>mm</b>	110	110	<b>mm</b>
$d_{max} =$		<b>mm</b>			
$F_{max} =$	1650	<b>KN</b>	1848	1452	<b>KN</b>
$K_{eff} =$	15000	<b>KN/m</b>	16800	13200	<b>KN/m</b>

N. dispositivi

2

Parametri caratteristici somma n. dispositivi in parallelo

fase elastica					
$K_e =$	60000	KN/m			
$F_y =$	1300	KN			
$d_y =$	22	mm			
fase plastica			20%	-20%	
$K_p =$	22500	KN/m	27000	18000	KN/m
$F_{max} =$	3300	KN	3696	2904	KN
$d_{cd} =$	110	mm	110.0	110.0	mm

$K_{eff}$	30000 kN/m	33600	26400 kN/m
$E_d$	281.6 kJ	247	316 kJ
$\zeta_{eff}$	12.35% <=30%	9.66%	15.77% <=30%

$T_{eff}$	2.55 s	2.41	2.72 s
$S_e$	0.1401 /g	0.1612	0.1145 /g
<b>F(Se)</b>	<b>6790 kN</b>	<b>7813</b>	<b>5550 kN</b>
$d_{cd,Fe}$	266.0 mm	263.2	258.1 mm
$\Delta d_{cd,Fe}$	156.0 mm	153.2	148.1 mm

F(Se) singolo dispositivo	3395 kN	3907	2775 kN
---------------------------	---------	------	---------

## Iterazione n.2

Parametri nominali del singolo dispositivo:

fase elastica					
$K_e =$	30000	KN/m			
$F_e =$	650	KN			
$d_e =$	22	mm			
fase plastica			20%	-20%	
$K_p =$	11250	KN/m	13500	9000	KN/m
$d_{cd} =$	266.0	mm	263.2	258.1	mm
$d_{max} =$		mm			
$F_{max} =$	3405	KN	3917	2785	KN
$K_{eff} =$	12801	KN/m	14879	10790	KN/m

N. dispositivi

2

Parametri caratteristici somma n. dispositivi in parallelo

fase elastica					
$K_e =$	60000	<b>KN/m</b>			
$F_y =$	1300	<b>KN</b>			
$d_y =$	22	<b>mm</b>			
fase plastica					
			20%	-20%	
$K_p =$	22500	<b>KN/m</b>	27000	18000	<b>KN/m</b>
$F_{max} =$	6810.358	<b>KN</b>	7833	5570	<b>KN</b>
$d_{cd} =$	266.0	<b>mm</b>	263.2	258.1	<b>mm</b>

$K_{eff}$	25601	kN/m	29758	21580	kN/m
$E_d$	784.0	kJ	679	852	kJ
$\zeta_{eff}$	6.89%	<b>&lt;=30%</b>	5.24%	9.43%	<b>&lt;=30%</b>

$T_{eff}$	2.76	s	2.56	3.01	s
$S_e$	0.147	/g	0.1816	0.1122	/g
<b>F(Se)</b>	<b>7125</b>	<b>kN</b>	<b>8802</b>	<b>5438</b>	<b>kN</b>
$d_{cd,Fe}$	280.9	mm	299.8	251.9	mm
$\Delta d_{cd,Fe}$	14.9	mm	36.6	-6.2	mm

F(Se) singolo dispositivo	3562	kN	4401	2719	kN
------------------------------	------	----	------	------	----

### Iterazione n.3

Parametri nominali del singolo dispositivo:

$K_e =$	30000	<b>KN/m</b>			
$F_e =$	650	<b>KN</b>			
$d_e =$	22	<b>mm</b>	20%	-20%	
$K_p =$	11250	<b>KN/m</b>	13500	9000	<b>KN/m</b>
$d_{cd} =$	280.9	<b>mm</b>	299.8	251.9	<b>mm</b>
$d_{max} =$		<b>mm</b>			
$F_{max} =$	3572	<b>KN</b>	4411	2729	<b>KN</b>
$K_{eff} =$	12719	<b>KN/m</b>	14711	10834	<b>KN/m</b>

N. dispositivi

2

Parametri caratteristici somma n. dispositivi in parallelo

fase elastica					
$K_e =$	60000	KN/m			
$F_y =$	1300	KN			
$d_y =$	22	mm			
fase plastica					
			20%	-20%	
$K_p =$	22500	KN/m	27000	18000	KN/m
$F_{max} =$	7144.787	KN	8822	5458	KN
$d_{cd} =$	280.8794	mm	299.8	251.9	mm

$K_{eff}$	25437	kN/m	29421	21668	kN/m
$E_d$	831.8	kJ	783	830	kJ
$\zeta_{eff}$	6.60%	<b>&lt;=30%</b>	4.71%	9.60%	<b>&lt;=30%</b>

$T_{eff}$	2.77	s	2.57	3.00	s
$S_e$	0.1477	/g	0.1858	0.1123	/g
<b>F(Se)</b>	<b>7159</b>	<b>kN</b>	<b>9005</b>	<b>5443</b>	<b>kN</b>
$d_{cd,Fe}$	282.4	mm	307.4	252.2	mm
$\Delta d_{cd,Fe}$	1.5	mm	7.5	0.3	mm

F(Se) singolo dispositivo	3579	kN	4503	2721	kN
------------------------------	------	----	------	------	----

#### Iterazione n.4

Parametri nominali del singolo dispositivo:

$K_e =$	30000	KN/m			
$F_e =$	650	KN			
$d_e =$	22	mm	20%	-20%	
$K_p =$	11250	KN/m	13500	9000	KN/m
$d_{cd} =$	282.4	mm	307.4	252.2	mm
$d_{max} =$		mm			
$F_{max} =$	3589	KN	4513	2731	KN
$K_{eff} =$	12711	KN/m	14681	10832	KN/m

N. dispositivi 2

Parametri caratteristici somma n. dispositivi in parallelo

**fase elastica**

$K_e =$	60000	<b>KN/m</b>			
$F_y =$	1300	<b>KN</b>			
$d_y =$	22	<b>mm</b>			
<b>fase plastica</b>			20%	-20%	
$K_p =$	22500	<b>KN/m</b>	27000	18000	<b>KN/m</b>
$F_{max} =$	7178.715	<b>KN</b>	9025	5463	<b>KN</b>
$d_{cd} =$	282.3873	<b>mm</b>	307.4	252.2	<b>mm</b>

$K_{eff}$	25422	<b>kN/m</b>	29362	21664	<b>kN/m</b>
$E_d$	836.7	<b>kJ</b>	804	831	<b>kJ</b>
$\zeta_{eff}$	6.57%	<b>&lt;=30%</b>	4.61%	9.60%	<b>&lt;=30%</b>

$T_{eff}$	2.77	<b>s</b>	2.58	3.00	<b>s</b>
$S_e$	0.1479	<b>/g</b>	0.1816	0.1123	<b>/g</b>
<b>F(Se)</b>	<b>7168</b>	<b>kN</b>	<b>8802</b>	<b>5443</b>	<b>kN</b>
$d_{cd,Fe}$	282.8	<b>mm</b>	299.8	252.2	<b>mm</b>
$\Delta d_{cd,Fe}$	0.4	<b>mm</b>	-7.5	0.0	<b>mm</b>

<b>F(Se) singolo</b>					
dispositivo	3584	<b>kN</b>	4401	2721	<b>kN</b>

Valori di forza massima e spostamento sul singolo dispositivo allo SLC:

$$F = 4401 \text{ KN}$$

$$d_{cp} = 300 \text{ mm}$$

Per la valutazione delle escursioni dei giunti oltre allo spostamento allo SLC va considerato lo spostamento residuo allo SLD.

Ripetendo le iterazioni anche allo SLD si valuta uno spostamento massimo  $d_{cp} = 43.3\text{mm}$  per una forza complessiva sul sistema di  $F=1885\text{kN}$ .

$$\text{Il ritorno elastico è pari a: } d_s = F/k_e = 1885/30000 = 31.4\text{mm.}$$

$$\text{Lo spostamento residuo è pertanto pari a: } d_r = d_{cp} - d_s = 12\text{mm.}$$

10.1.2.2 Analisi lineare statica trasversale allo SLV

Peso acciaio	9457 kN
Peso soletta	22575 kN
Permanenti portati	<u>14500 kN</u>
Sommano:	46532 kN

Accidentali mezzi	9678 kN
20%	1936 kN

Totale peso Wd	48468 kN
Md	4941 kNmassa

	SLV
Se	0.687 /g
F(Se)	33297 kN
L trave	218.7 m
F(Se)/ml	152.3 kN/m

	SLV	SLV
	Spalla	Pila
Lunghezze di influenza	22.35	43.5
F(Se)	3403	6623
n. dispositivi U-L	3	3
F(Se)/dispositivo	1134	2208

### 10.1.2.3 Analisi modale

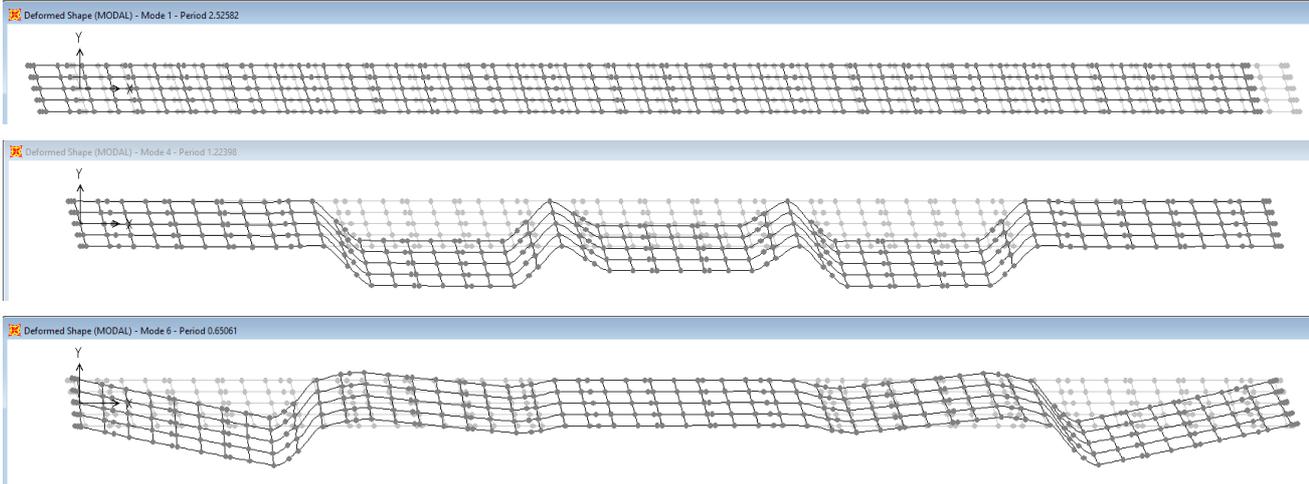
L'analisi modale è stata effettuata attribuendo ai dispositivi isteretici presenti sulla spalla "B" le rigidezze efficaci calcolate con una variabilità del coefficiente di rigidezza plastica  $K_p$  pari a  $\pm 20\%$ , secondo quanto riportato al 10.1.2.1.1.1.

Periodi e Fattori di partecipazione modale (UX UY UZ):

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	2.526	100%	0%	0%	100%	0%	0%
MODAL	Mode	2	1.270	0%	2%	0%	100%	2%	0%
MODAL	Mode	3	1.231	0%	0%	0%	100%	2%	0%
MODAL	Mode	4	1.224	0%	49%	0%	100%	52%	0%
MODAL	Mode	5	0.763	0%	0%	0%	100%	52%	0%
MODAL	Mode	6	0.651	0%	27%	0%	100%	79%	0%
MODAL	Mode	7	0.596	0%	0%	0%	100%	79%	0%
MODAL	Mode	8	0.561	0%	0%	2%	100%	79%	2%
MODAL	Mode	9	0.539	0%	0%	0%	100%	79%	2%
MODAL	Mode	10	0.509	0%	0%	0%	100%	79%	2%
MODAL	Mode	11	0.455	0%	0%	0%	100%	79%	2%
MODAL	Mode	12	0.425	0%	0%	7%	100%	79%	10%
MODAL	Mode	13	0.378	0%	0%	0%	100%	79%	10%
MODAL	Mode	14	0.350	0%	0%	0%	100%	79%	10%
MODAL	Mode	15	0.336	0%	0%	0%	100%	79%	10%
MODAL	Mode	16	0.318	0%	0%	0%	100%	79%	10%
MODAL	Mode	17	0.309	0%	0%	63%	100%	79%	72%
MODAL	Mode	18	0.270	0%	1%	0%	100%	80%	72%
MODAL	Mode	19	0.259	0%	0%	0%	100%	80%	72%
MODAL	Mode	20	0.241	0%	0%	0%	100%	81%	72%
MODAL	Mode	21	0.239	0%	0%	0%	100%	81%	72%
MODAL	Mode	22	0.234	0%	1%	0%	100%	81%	72%
MODAL	Mode	23	0.232	0%	0%	0%	100%	81%	72%
MODAL	Mode	24	0.231	0%	1%	0%	100%	82%	72%
MODAL	Mode	25	0.200	0%	0%	0%	100%	82%	72%
MODAL	Mode	26	0.171	0%	0%	0%	100%	82%	72%
MODAL	Mode	27	0.169	0%	0%	0%	100%	82%	72%
MODAL	Mode	28	0.155	0%	0%	0%	100%	82%	72%
MODAL	Mode	29	0.151	0%	1%	0%	100%	83%	72%
MODAL	Mode	30	0.146	0%	0%	0%	100%	83%	73%
MODAL	Mode	31	0.139	0%	0%	0%	100%	83%	73%
MODAL	Mode	32	0.125	0%	0%	0%	100%	83%	73%
MODAL	Mode	33	0.122	0%	0%	0%	100%	83%	73%

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	34	0.110	0%	0%	0%	100%	83%	73%
MODAL	Mode	35	0.082	0%	0%	0%	100%	83%	73%
MODAL	Mode	36	0.082	0%	0%	0%	100%	83%	73%
MODAL	Mode	37	0.076	0%	0%	0%	100%	83%	73%
MODAL	Mode	38	0.074	0%	0%	0%	100%	83%	73%
MODAL	Mode	39	0.067	0%	0%	13%	100%	83%	86%
MODAL	Mode	40	0.056	0%	3%	0%	100%	86%	86%
MODAL	Mode	41	0.055	0%	0%	0%	100%	86%	86%
MODAL	Mode	42	0.052	0%	2%	0%	100%	88%	86%
MODAL	Mode	43	0.049	0%	0%	0%	100%	88%	86%
MODAL	Mode	44	0.047	0%	0%	0%	100%	88%	87%
MODAL	Mode	45	0.037	0%	0%	0%	100%	88%	87%
MODAL	Mode	46	0.033	0%	0%	3%	100%	88%	90%
MODAL	Mode	47	0.023	0%	5%	0%	100%	93%	90%
MODAL	Mode	48	0.022	0%	0%	0%	100%	93%	90%
MODAL	Mode	49	0.014	0%	6%	0%	100%	98%	90%
MODAL	Mode	50	0.012	0%	0%	8%	100%	99%	98%

Viste delle deformate dei modi di vibrare principali:



## 10.2 Modello trasversale della soletta

Si rimanda all'elaborato IV0100D09CLIVX80A001.

## 11 CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

Si riportano di seguito le caratteristiche di sollecitazione di taglio e momento flettente nel piano verticale della trave esterna (trave 1) e interna (trave 2).

### 11.1 Travi principali: sollecitazione di 1<sup>a</sup> fase

In questa fase la sezione reagente è costituita dalle sole travi in acciaio, in quanto la soletta non è collaborante ed è presente solo come carico applicato.

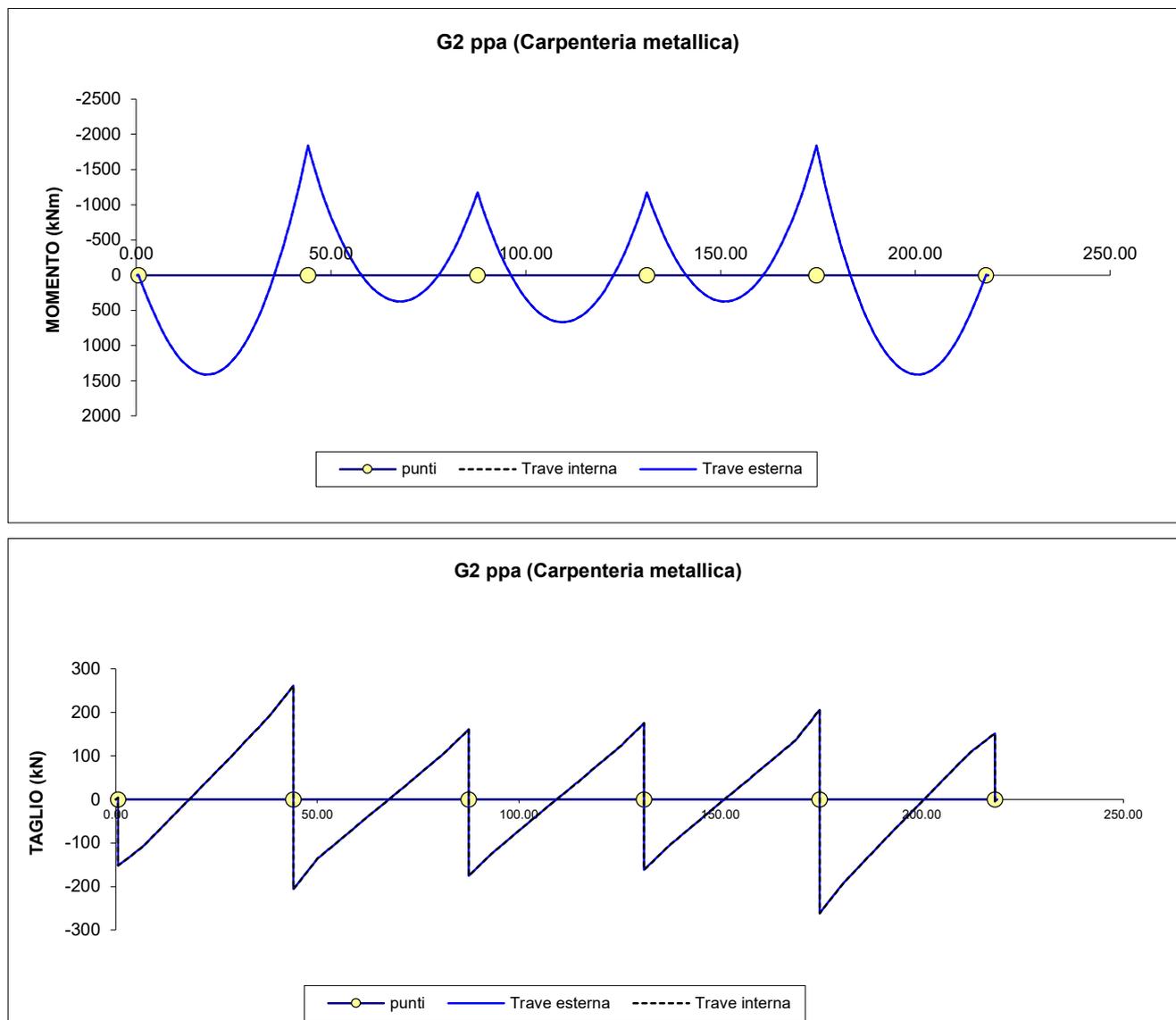
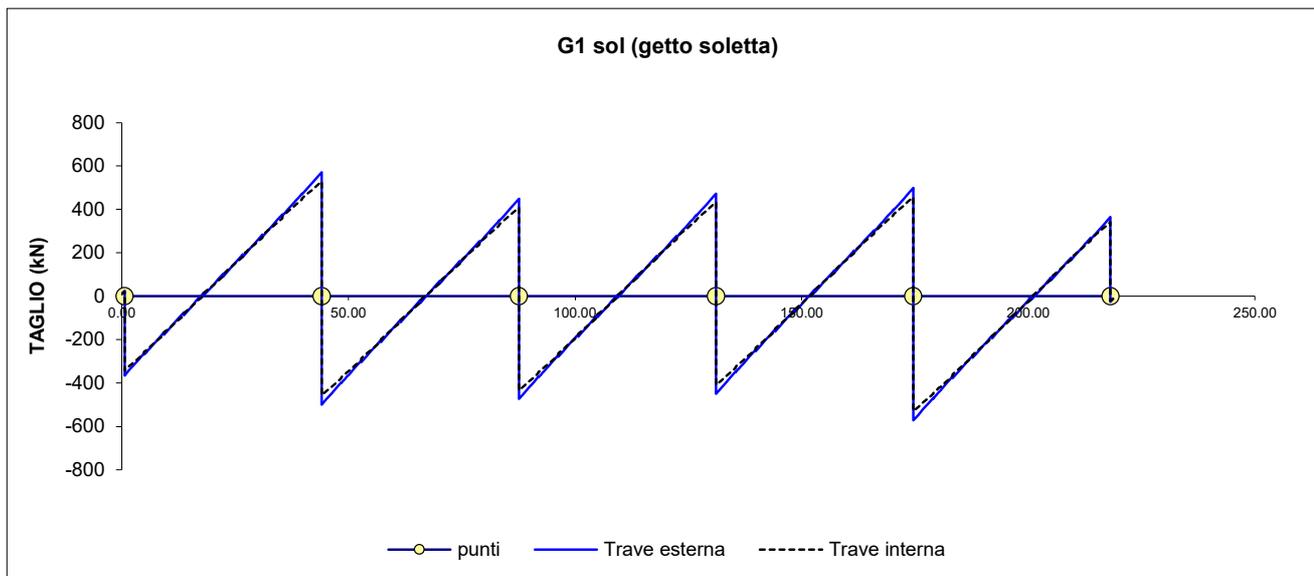
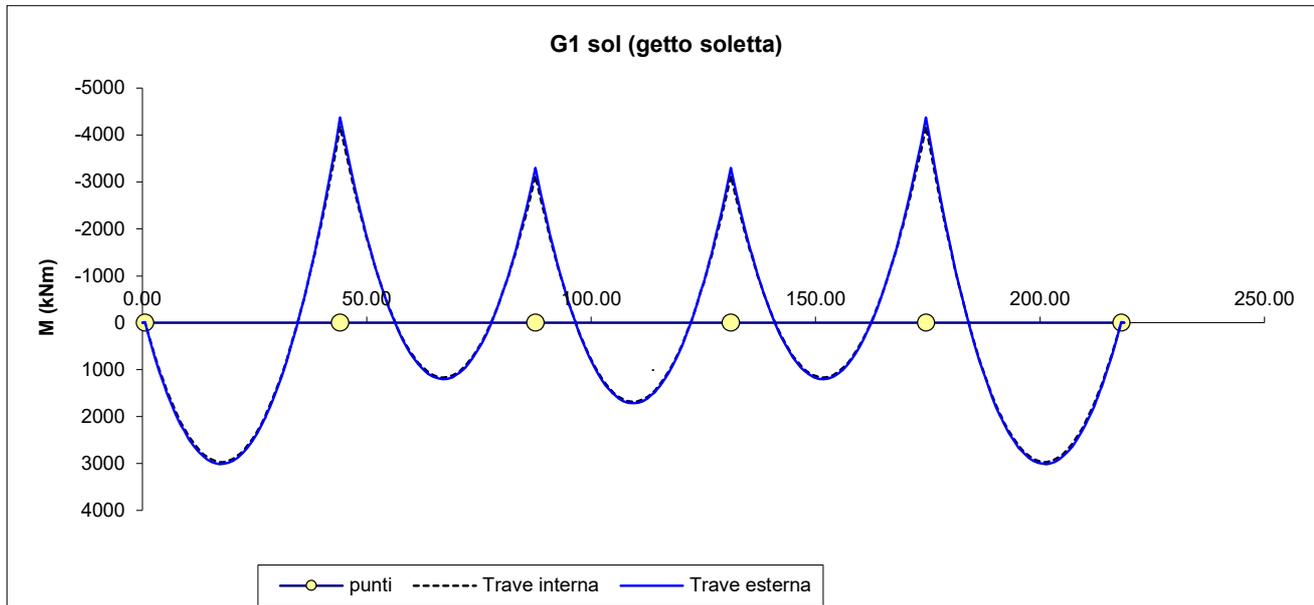


Figura 6 – Peso proprio carpenteria metallica (Momento e Taglio)



*Figura 7 – Peso proprio soletta (Momento e Taglio)*

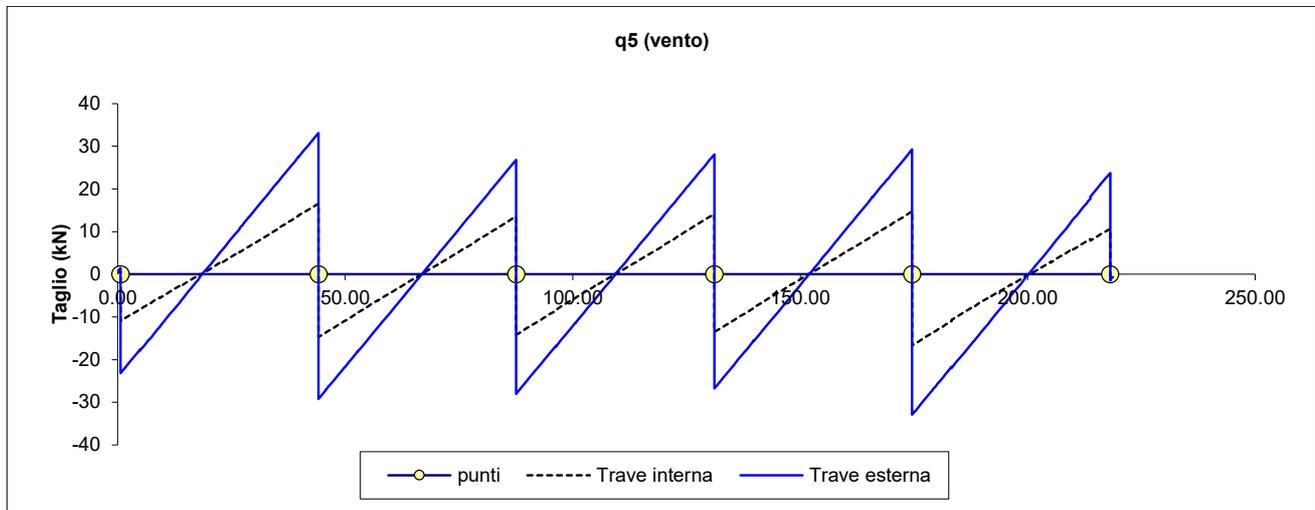
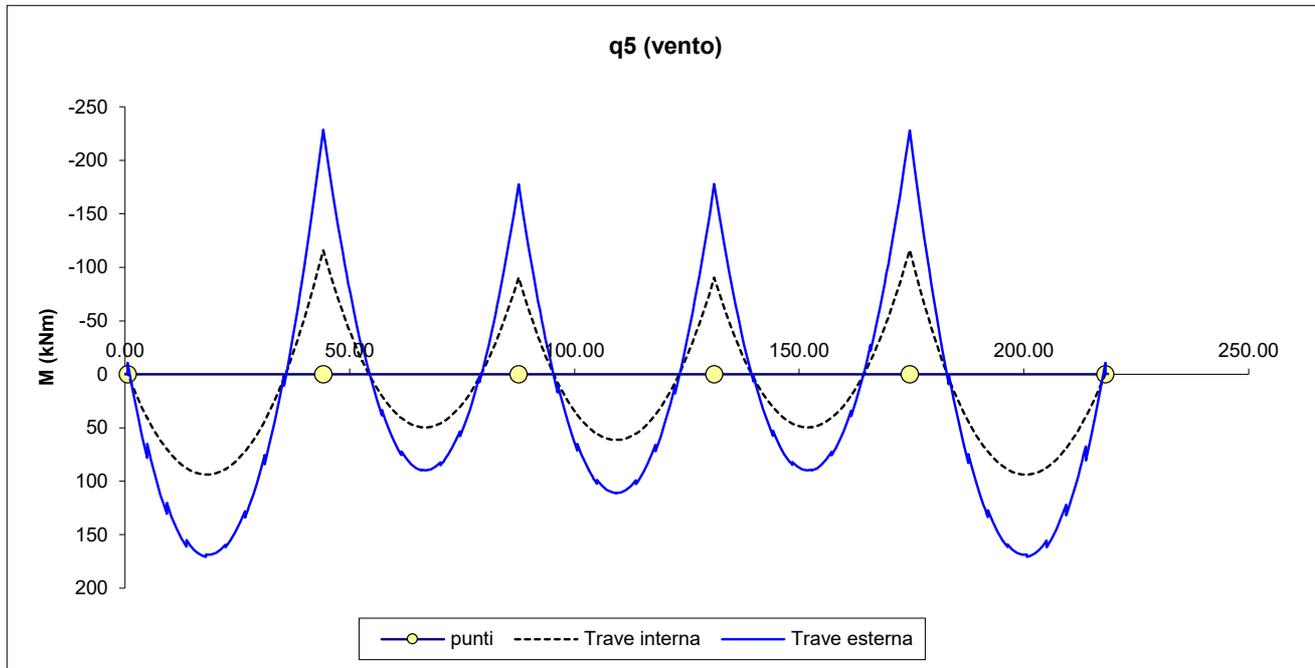
## 11.2 Travi principali: sollecitazione di 2<sup>a</sup> fase

I carichi di 2a fase sono stati suddivisi in carichi agenti a tempo  $T_0$  (vento, carichi mobili e loro effetti, variazione giornaliera di temperatura, folla, sisma) e carichi a tempo  $T_{00}$  (permanenti portati, variazioni stagionali di temperatura, ritiro).

Essendo la combinazione di carico dimensionante per le travi quella relativa al gruppo di azioni n.1 (SLU1) in cui le azioni di frenatura e centrifuga non sono presenti, i digrammi di tali azioni vengono omessi.

Le sollecitazioni diagrammate nel seguito sono state desunte dai modelli con soletta non reagente (SNR).

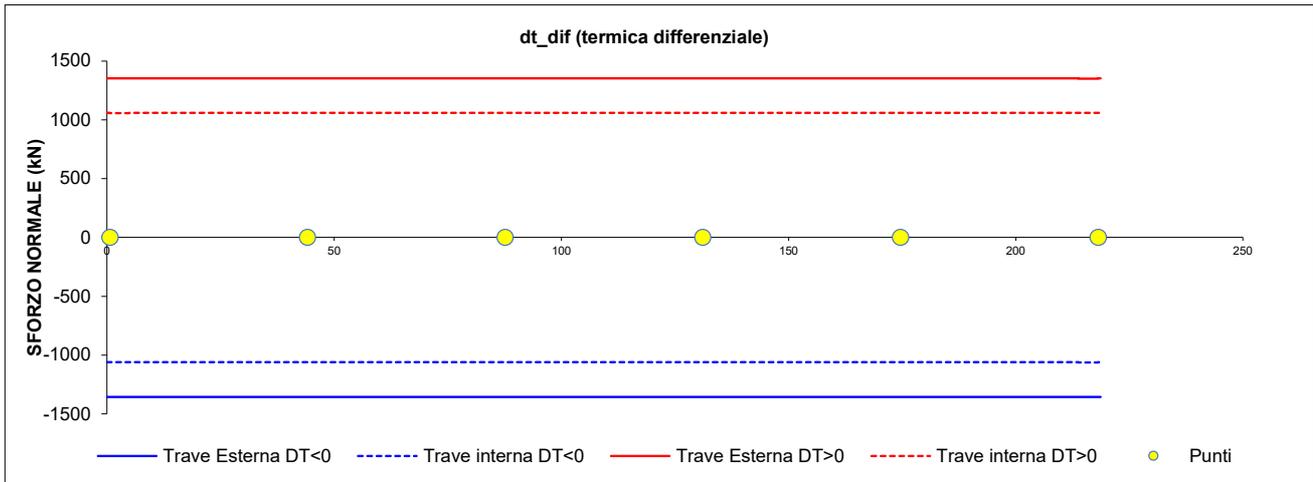
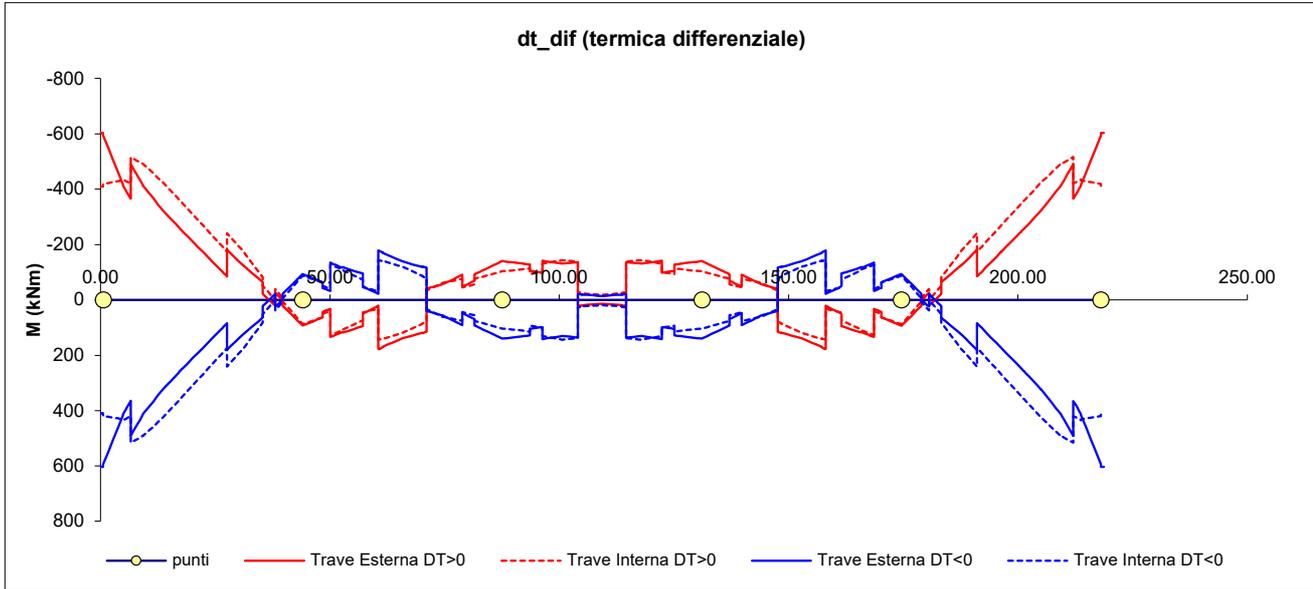
**11.2.1 Travi principali: sollecitazione di 2<sup>a</sup> fase a To**



*Figura 8 – Vento a ponte carico (Momento e Taglio)*

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia**  
Relazione di calcolo travi impalcato continuo in acc/cls

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	96 di 134



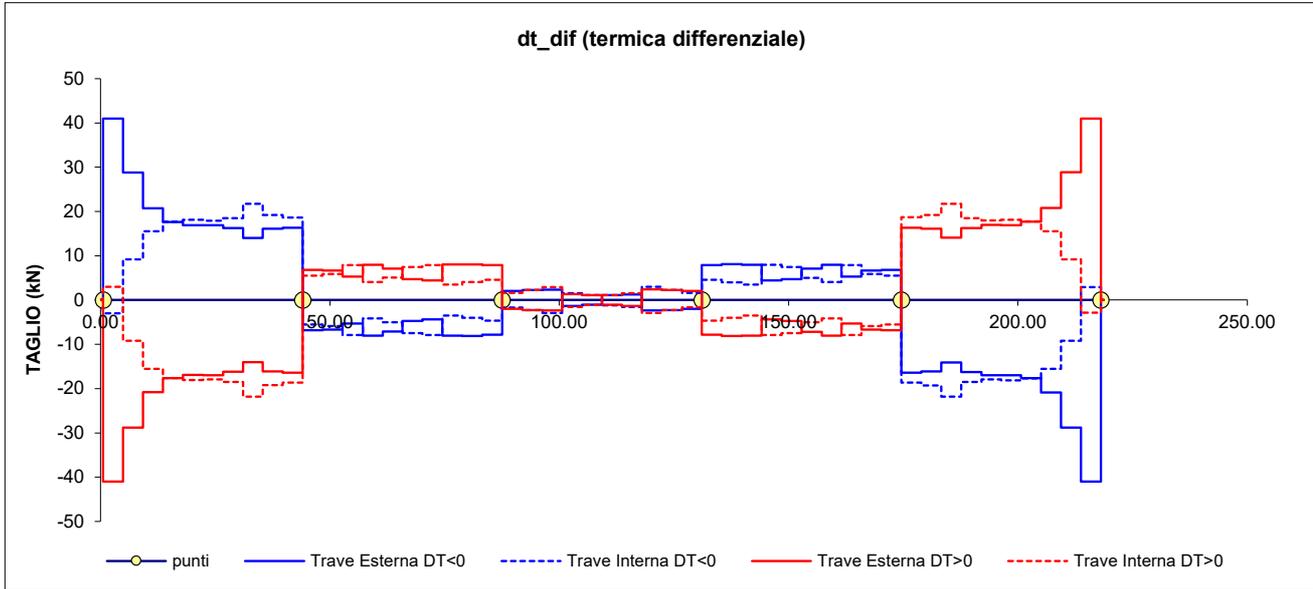
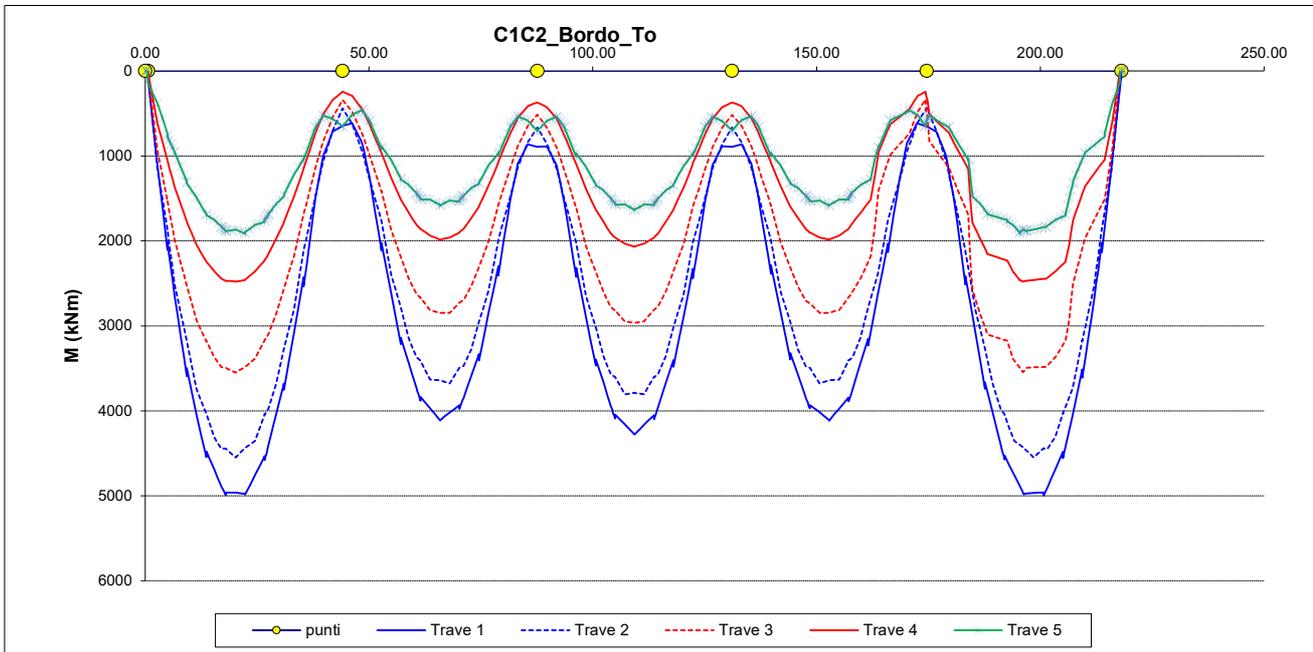
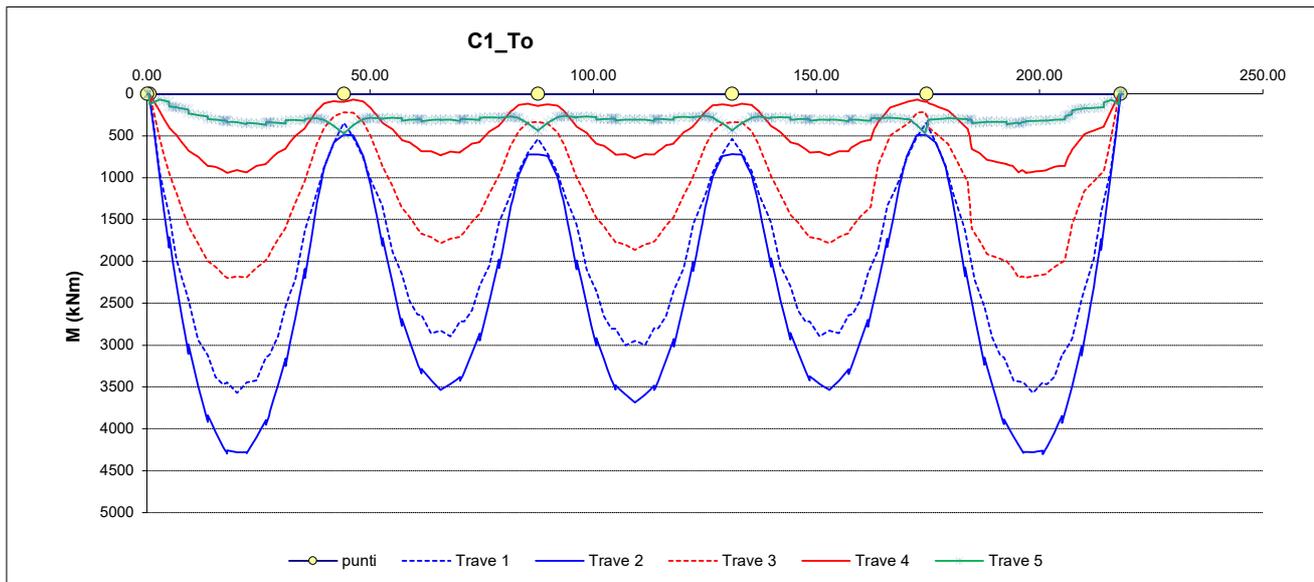
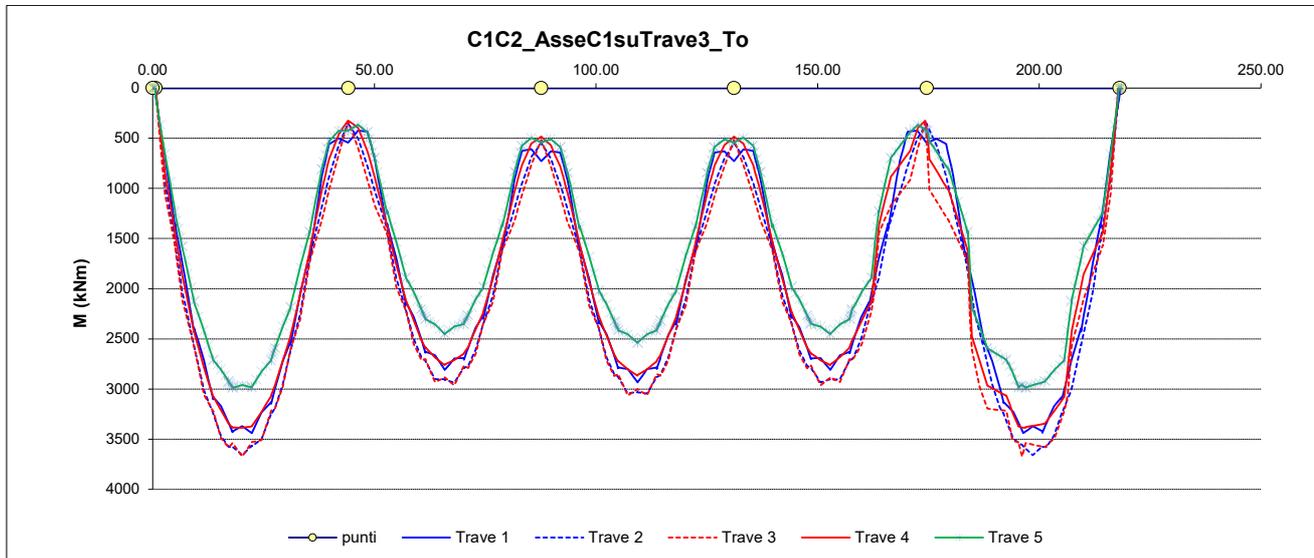


Figura 9 – DT differenziale (Momento, Sforzo Normale e Taglio)

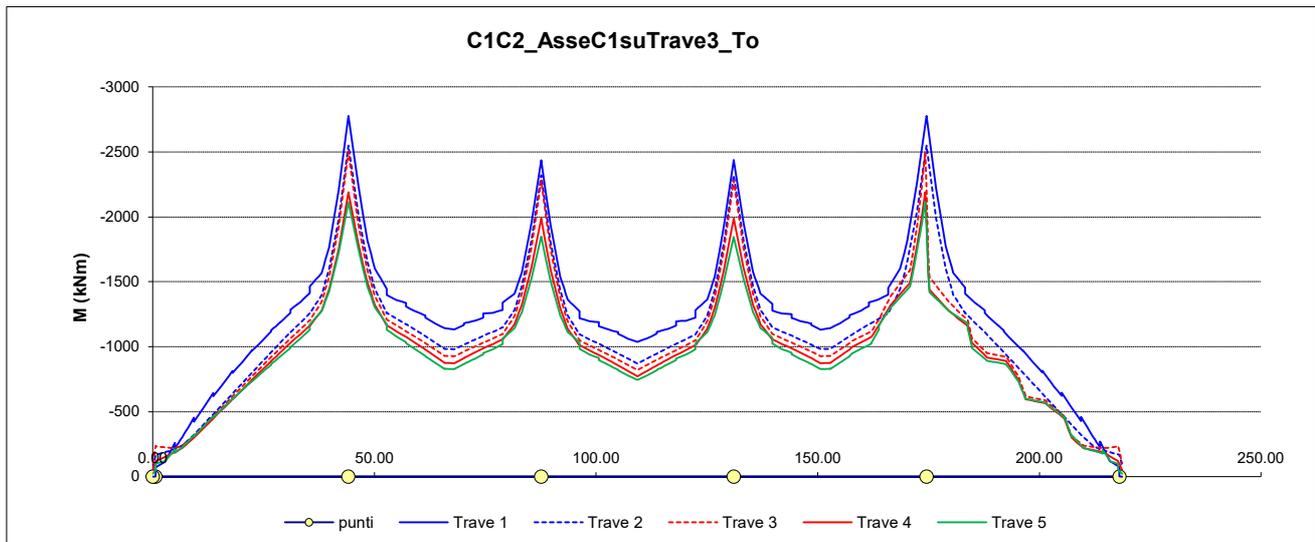
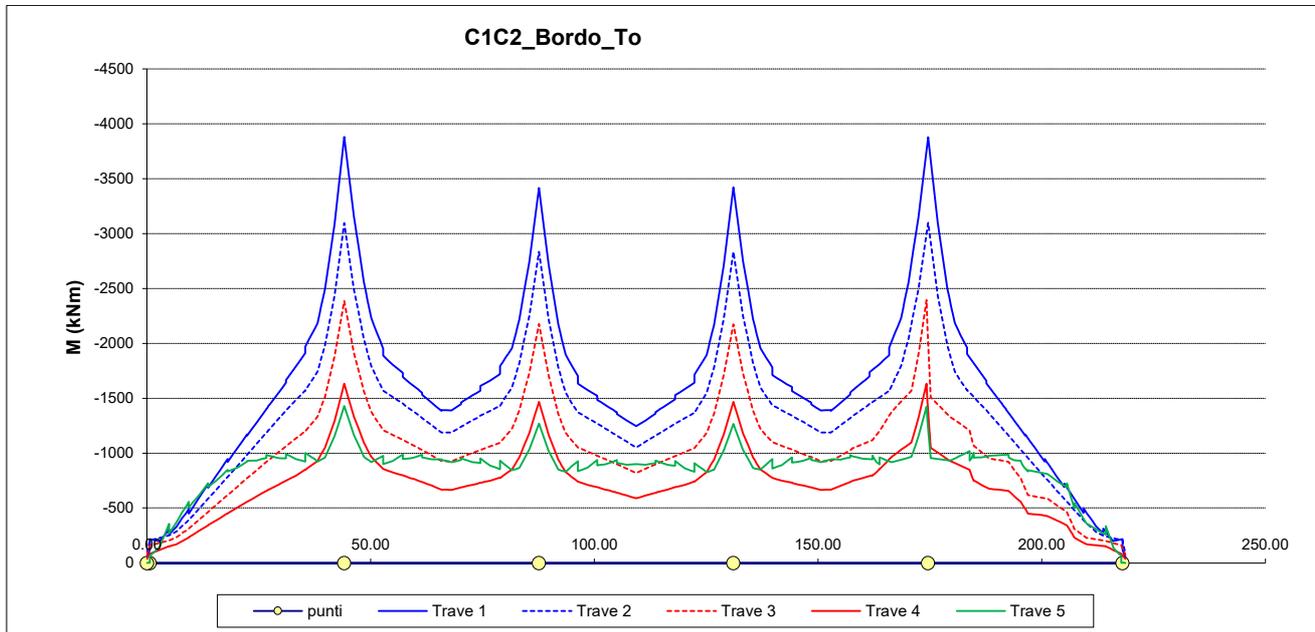
Momento massimo per le diverse disposizioni delle colonne di carico adottate:

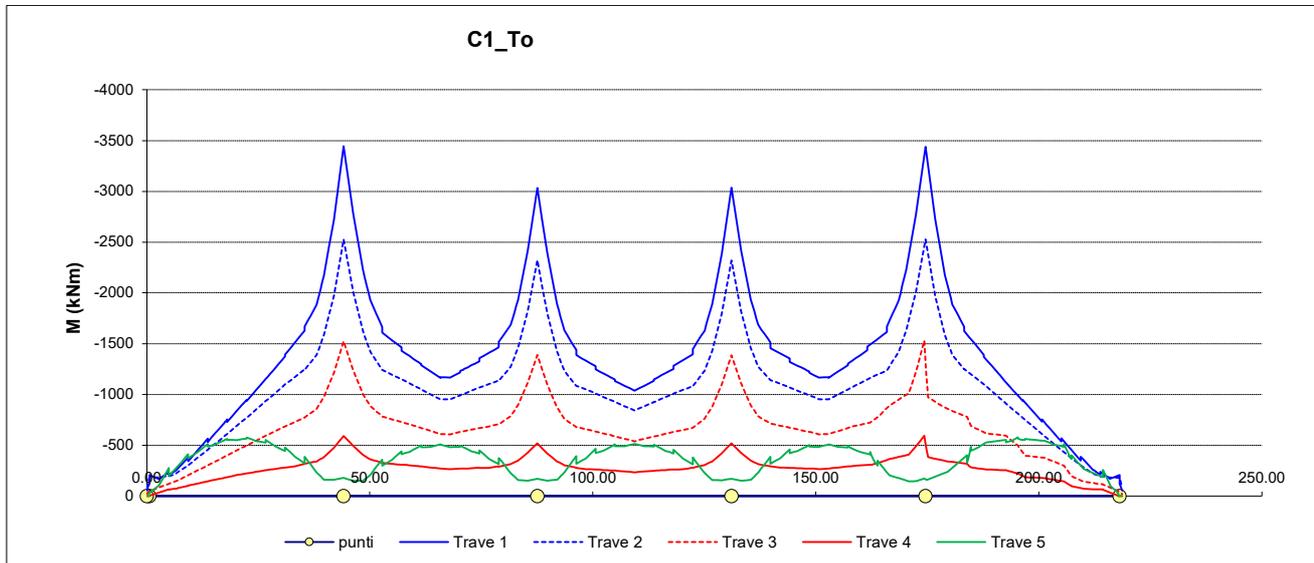




Dai suindicati diagrammi emerge che i maggiori effetti sia sulla trave 1 che sulla trave 2 sono dati dalla disposizione di sue colonne disposte a filo margine esterno carreggiata (C1C2\_Bordo).

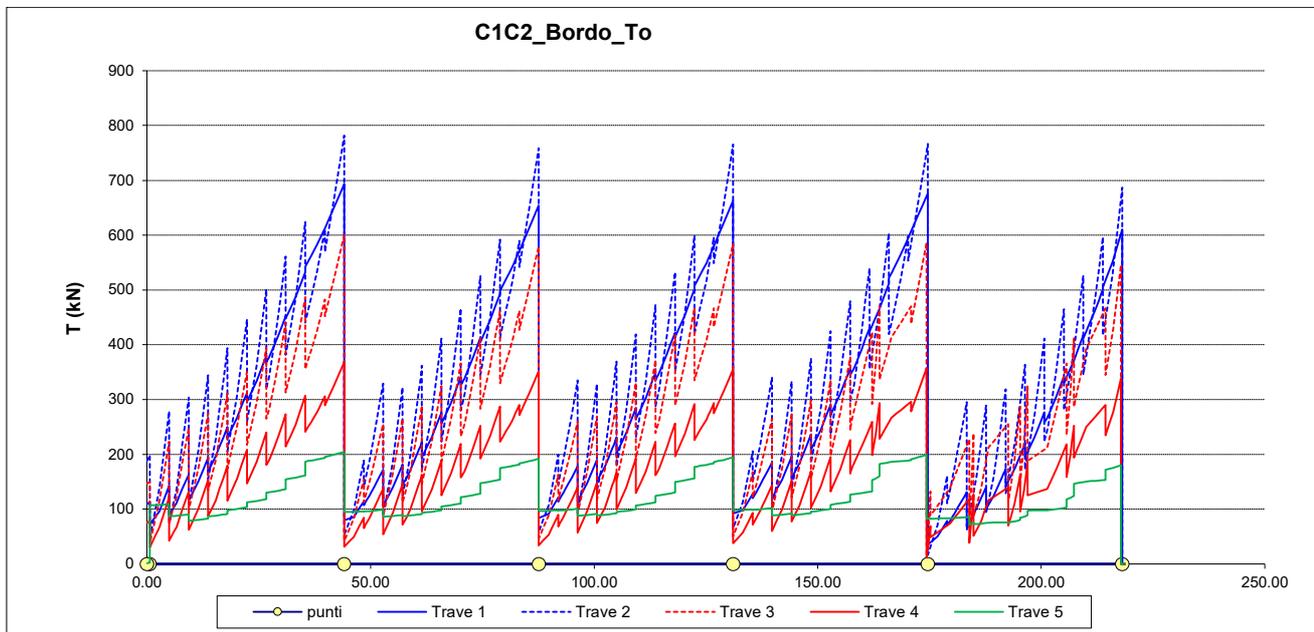
Momento minimo per le diverse disposizioni delle colonne di carico adottate:

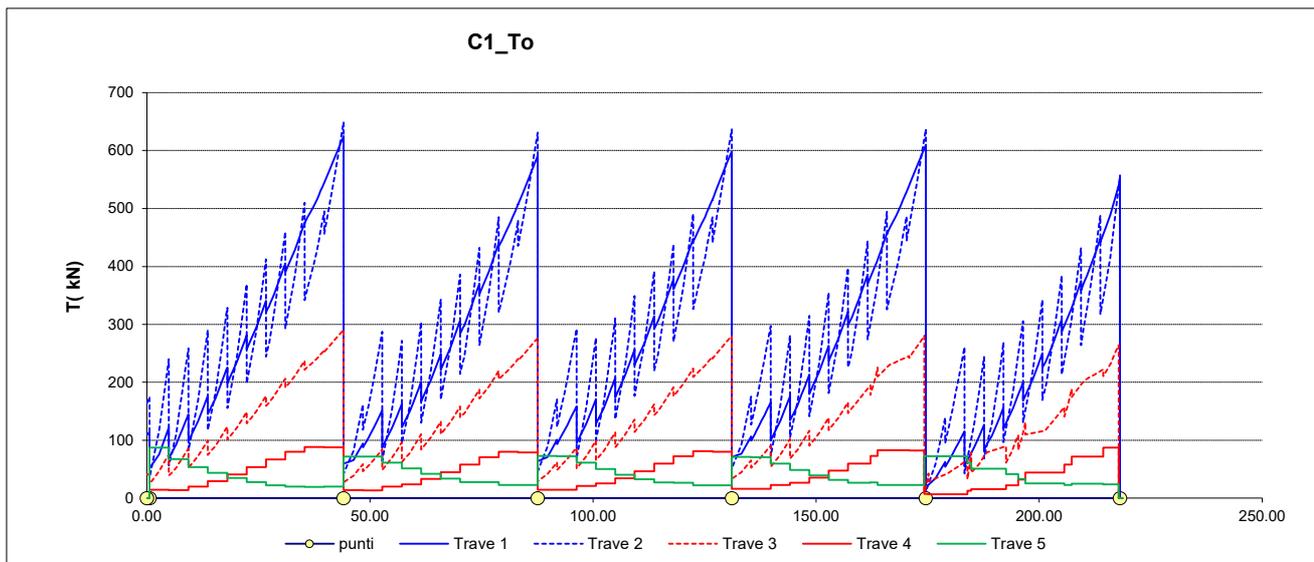
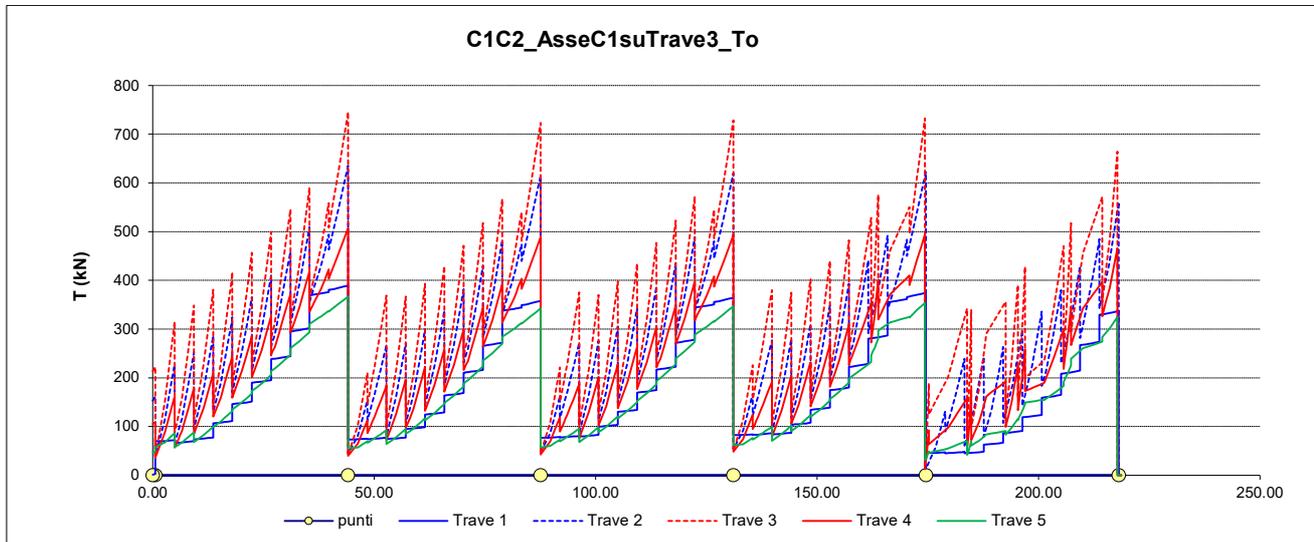




Dai suindicati diagrammi emerge che i maggiori effetti sia sulla trave 1 che sulla trave 2 sono dati dalla disposizione di sue colonne disposte a filo margine esterno carreggiata (C1C2\_Bordo).

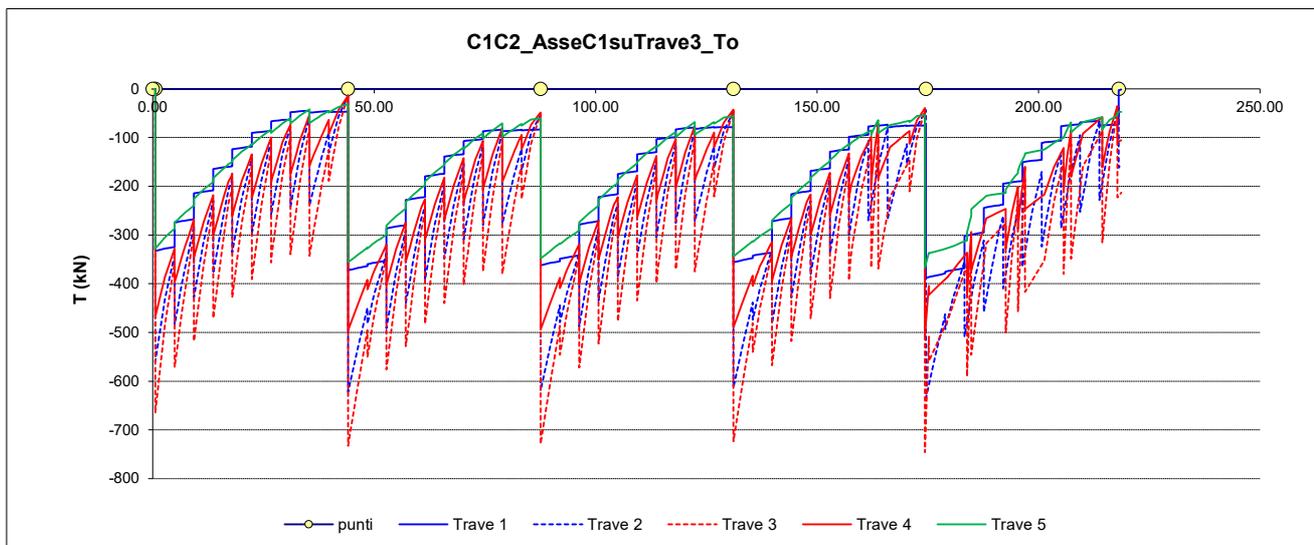
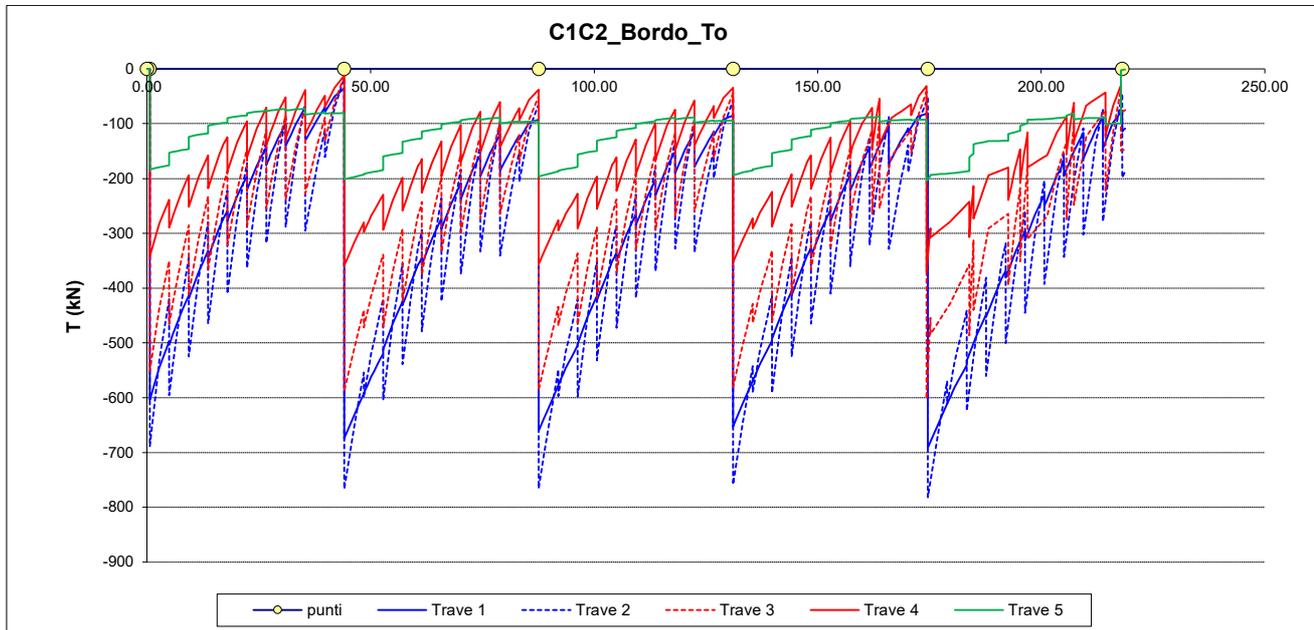
Taglio massimo per le diverse disposizioni delle colonne di carico adottate:

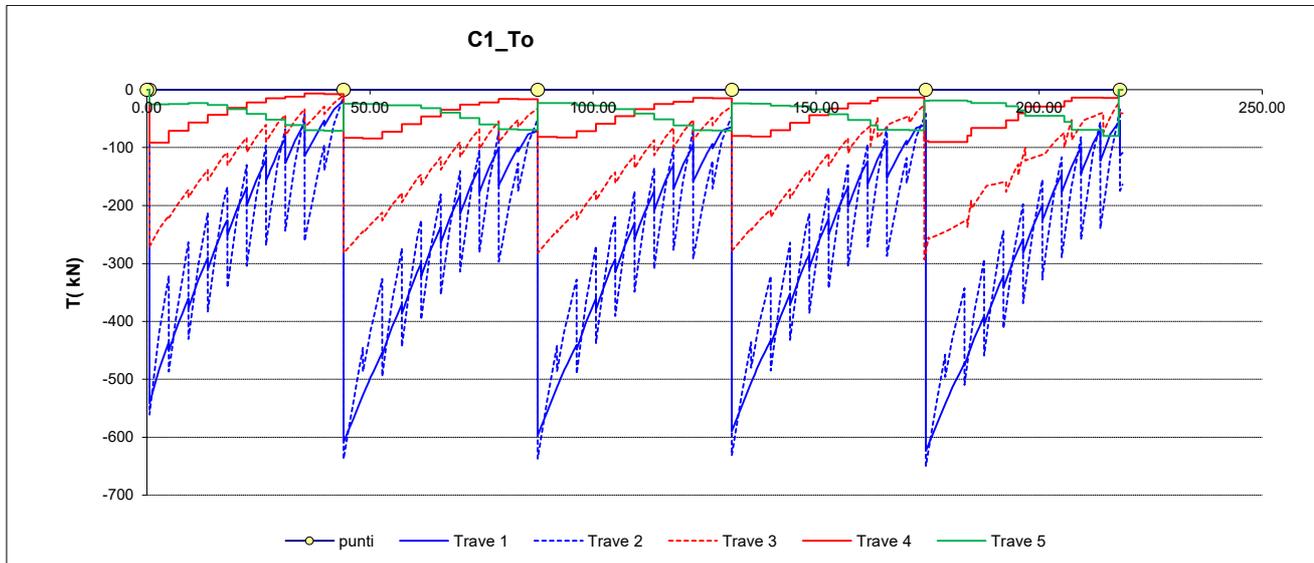




Dai suindicati diagrammi emerge che i maggiori effetti sia sulla trave 1 che sulla trave 2 sono dati dalla disposizione di sue colonne disposte a filo margine esterno carreggiata (C1C2\_Bordo).

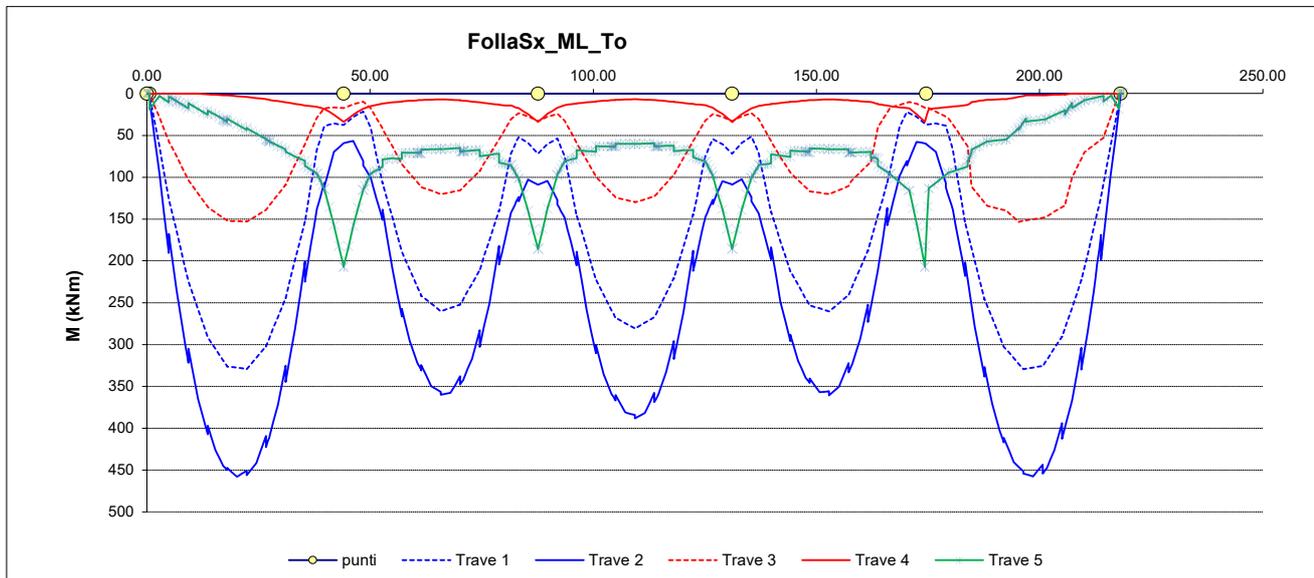
Taglio minimo per le diverse disposizioni delle colonne di carico adottate:

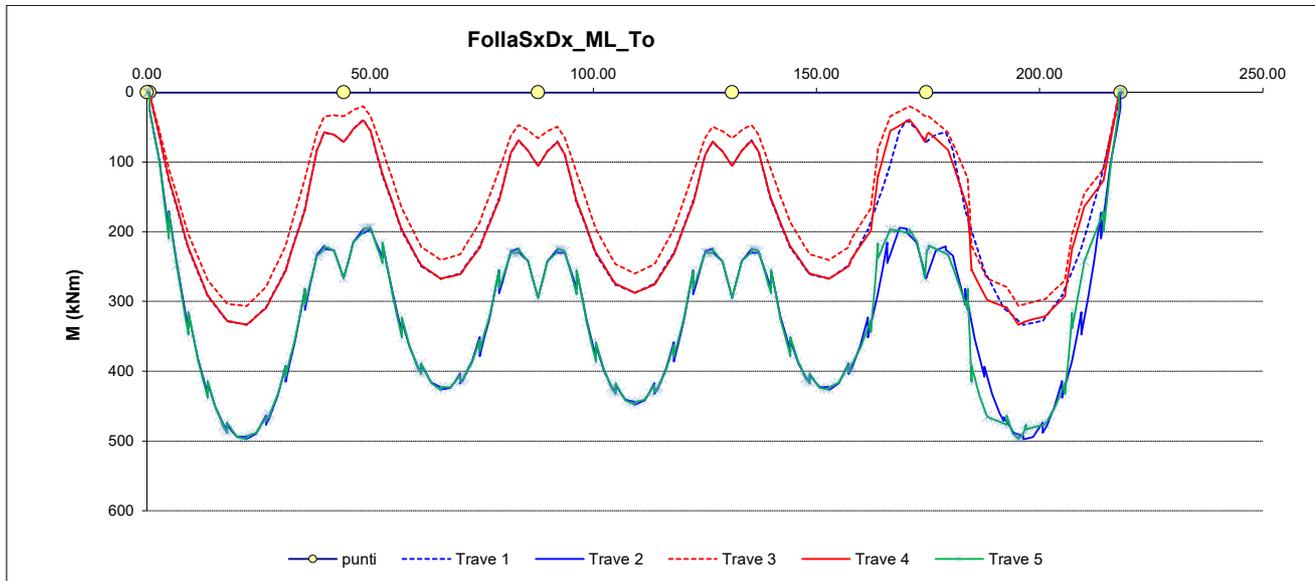




Dai suindicati diagrammi emerge che i maggiori effetti sia sulla trave 1 che sulla trave 2 sono dati dalla disposizione di sue colonne disposte a filo margine esterno carreggiata (C1C2\_Bordo).

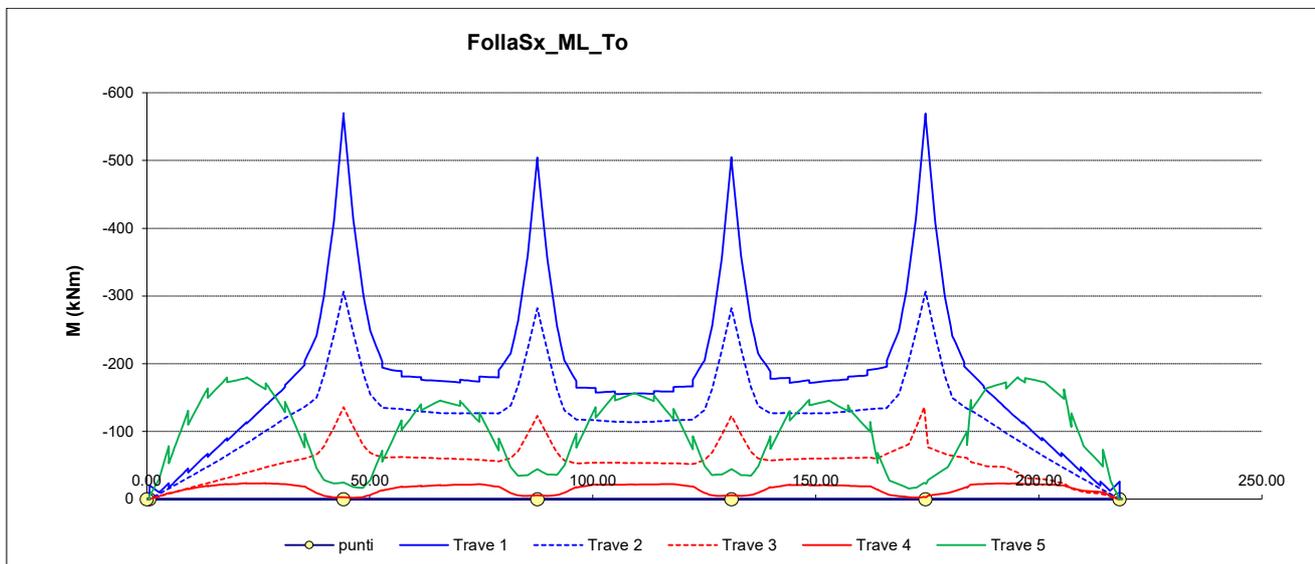
Momento massimo per la folla sul marciapiede di SX e su entrambi i marciapiedi:

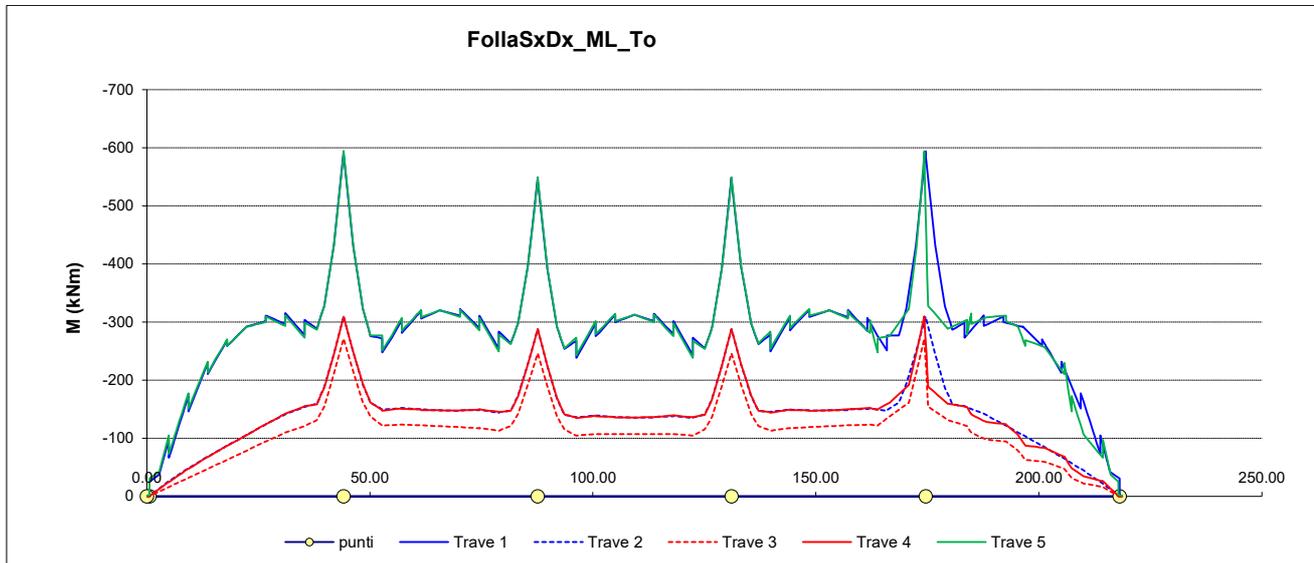




Dai suindicati diagrammi emerge che i maggiori effetti sia sulla trave 1 che sulla trave 2 sono dati dalla folla presente su entrambi i marciapiedi (FollaSxDx).

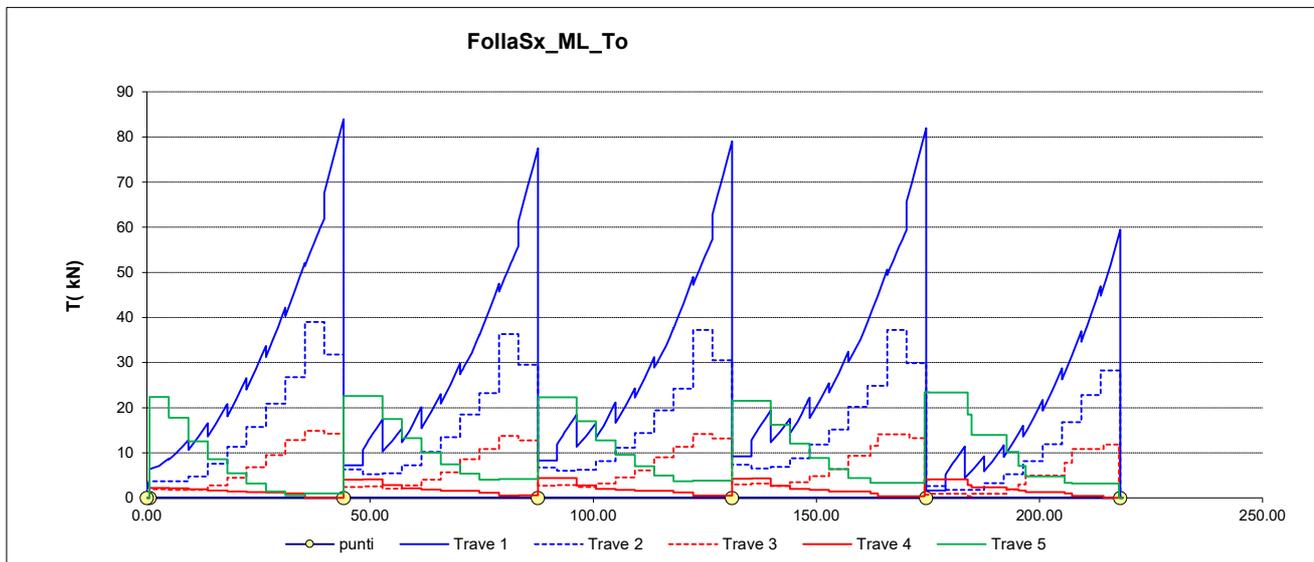
Momento minimo per la folla sul marciapiede di SX e su entrambi i marciapiedi:

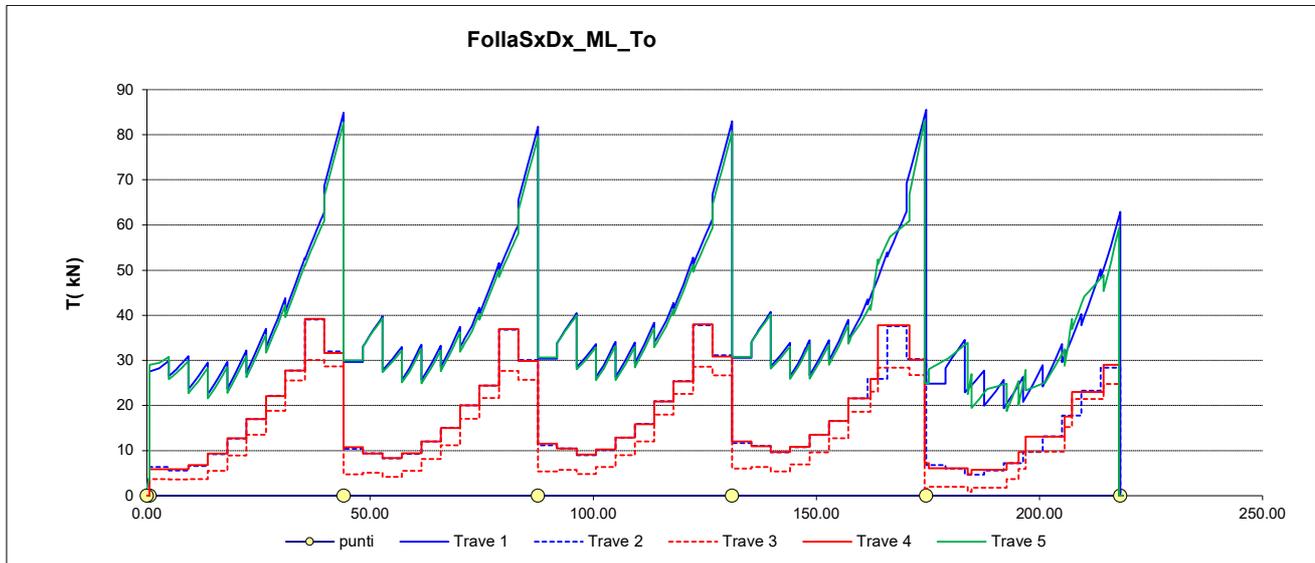




Dai suindicati diagrammi emerge che i maggiori effetti sia sulla trave 1 che sulla trave 2 sono dati dalla folla presente su entrambi i marciapiedi (FollaSxDx).

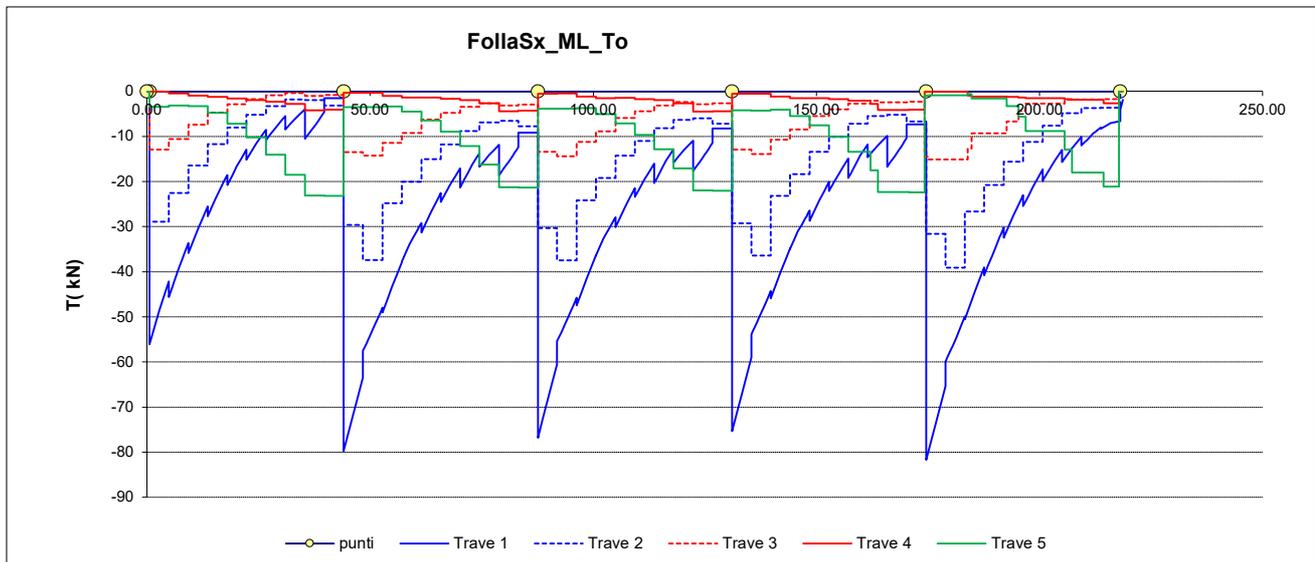
Taglio massimo per la folla sul marciapiede di SX e su entrambi i marciapiedi:

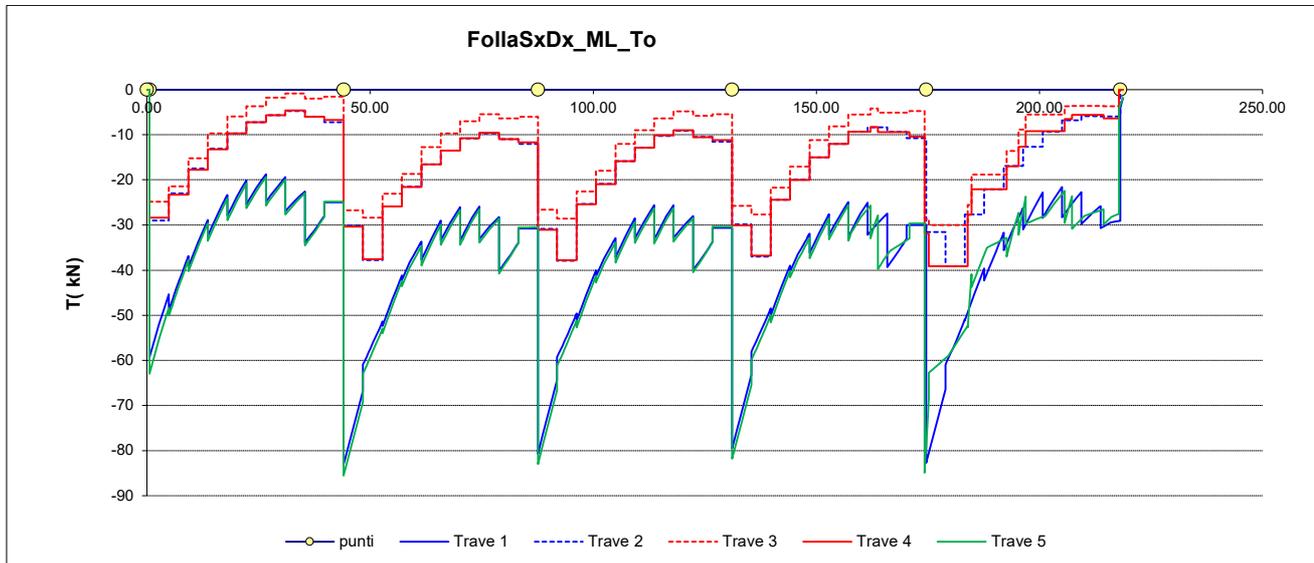




Dai suindicati diagrammi emerge che i maggiori effetti sia sulla trave 1 che sulla trave 2 sono dati dalla folla presente su entrambi i marciapiedi (FollaSxDx).

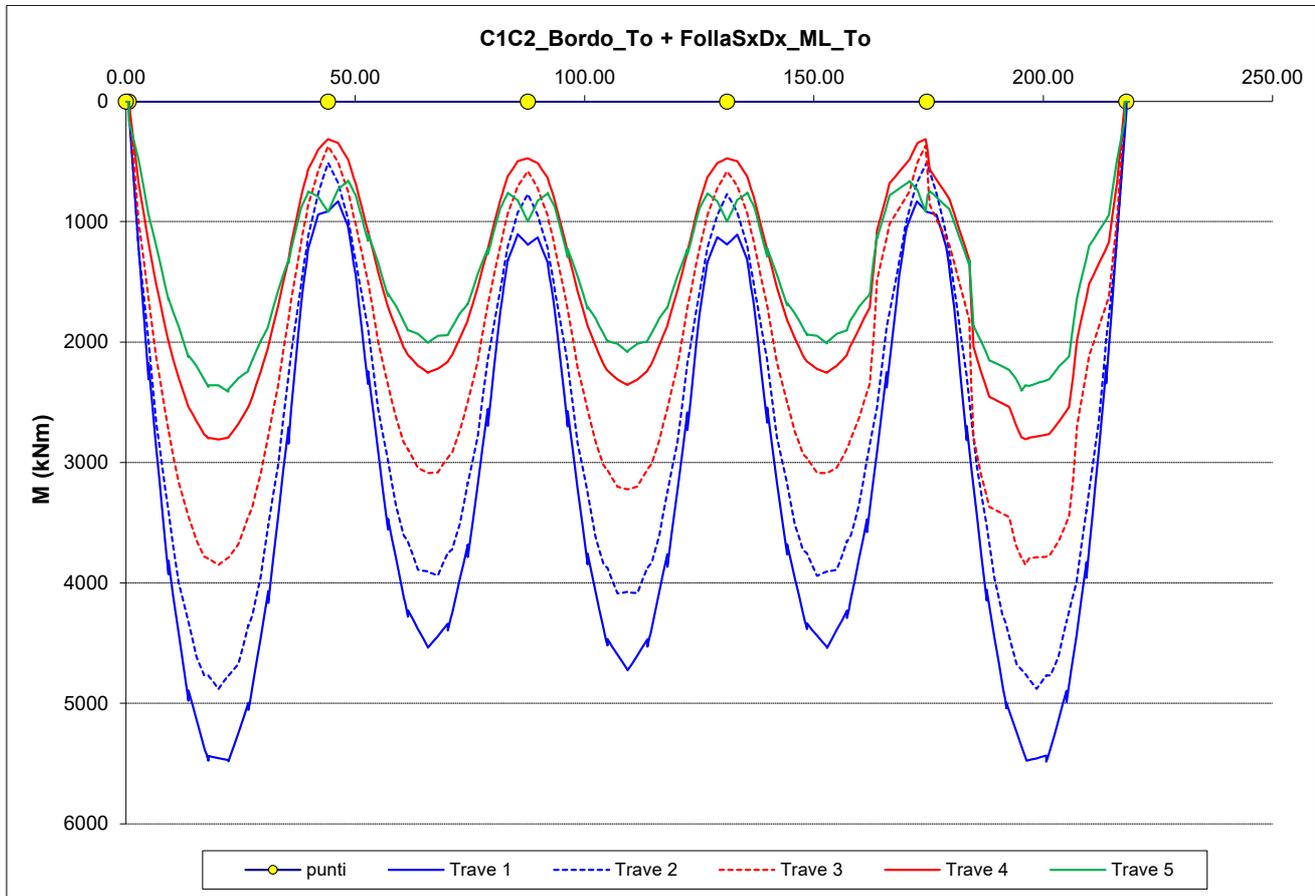
Taglio minimo per la folla sul marciapiede di SX e su entrambi i marciapiedi:



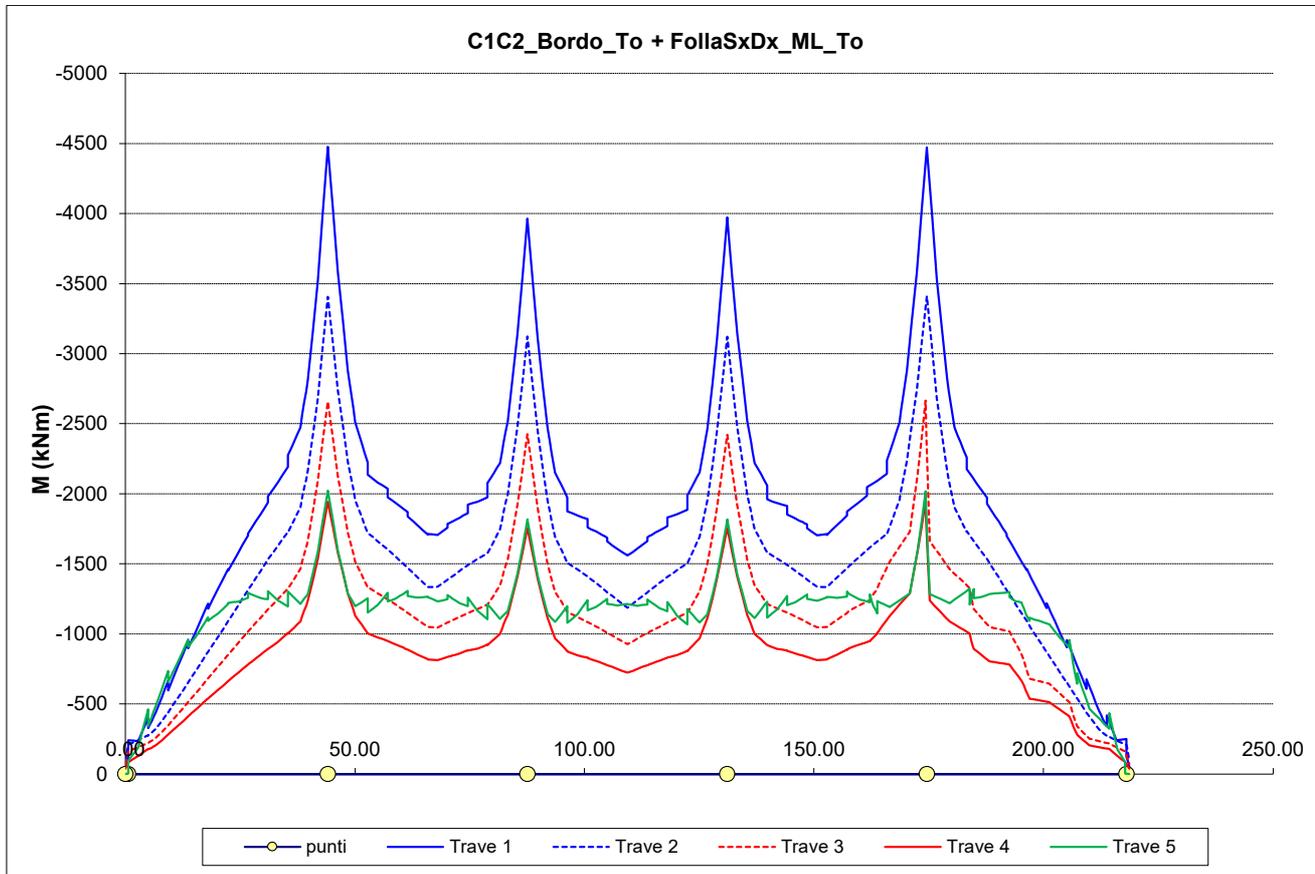


Dai suindicati diagrammi emerge che i maggiori effetti sia sulla trave 1 che sulla trave 2 sono dati dalla folla presente su entrambi i marciapiedi (FollaSxDx).

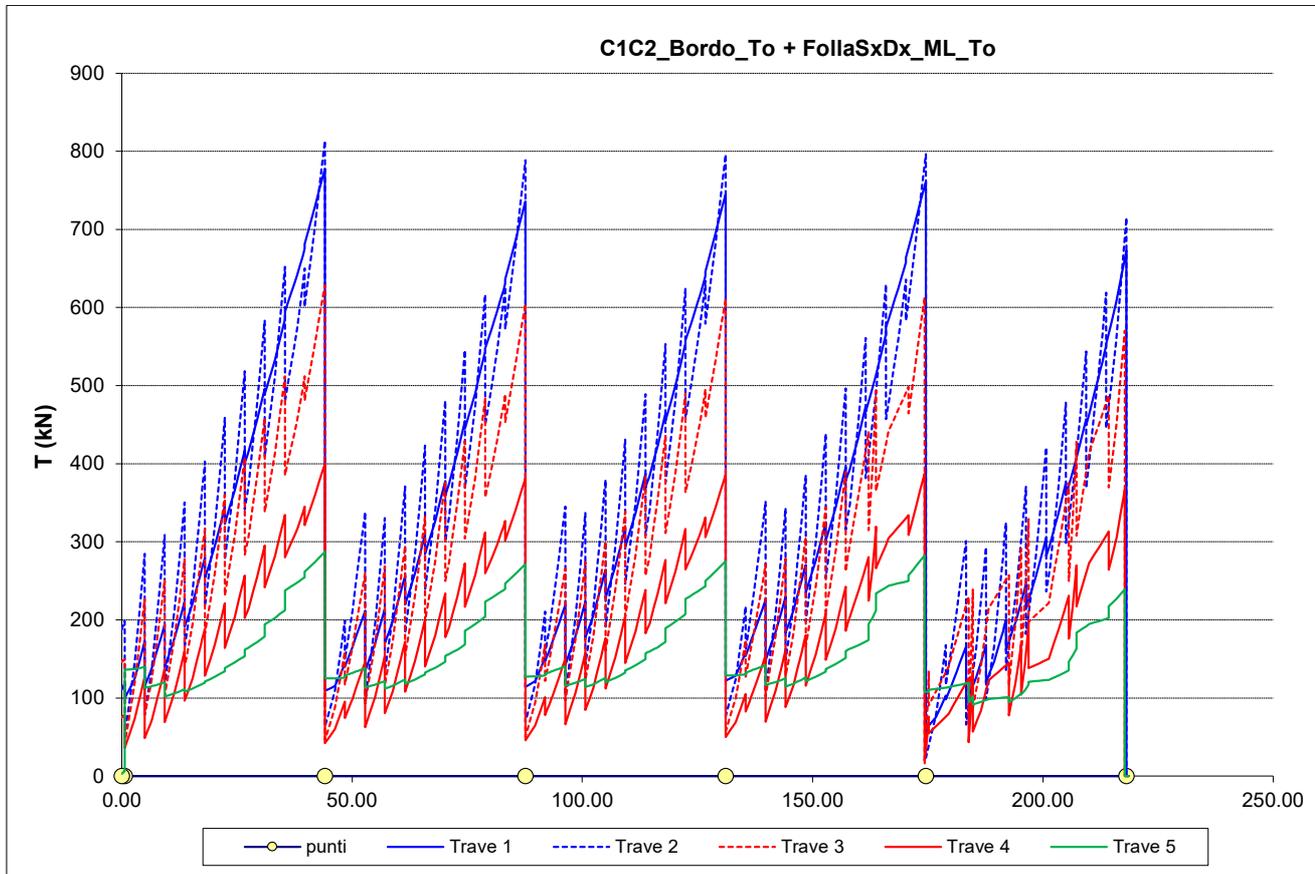
Di seguito si riportano i diagrammi in cui sono stati sommate le sollecitazioni dovute alla disposizione dei carichi mobili (C1C2\_Bordo) w della folla (folla SxDx) che generano gli effetti più gravosi.



*Figura 10 – Carichi da traffico + folla (Momento massimo)*



*Figura 11 – Carichi da traffico + folla (Momento minimo)*



*Figura 12 – Carichi da traffico + folla (Taglio massimo)*

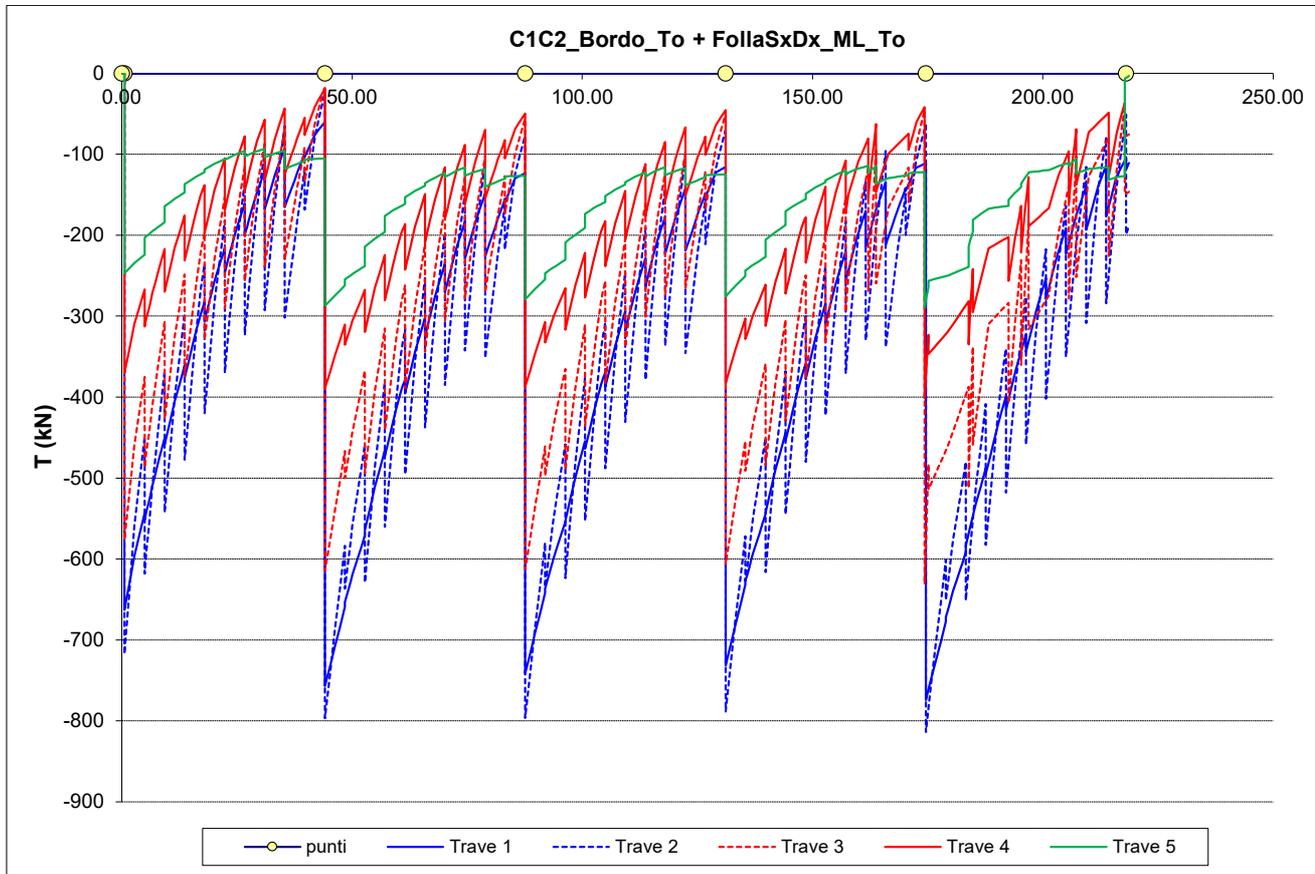
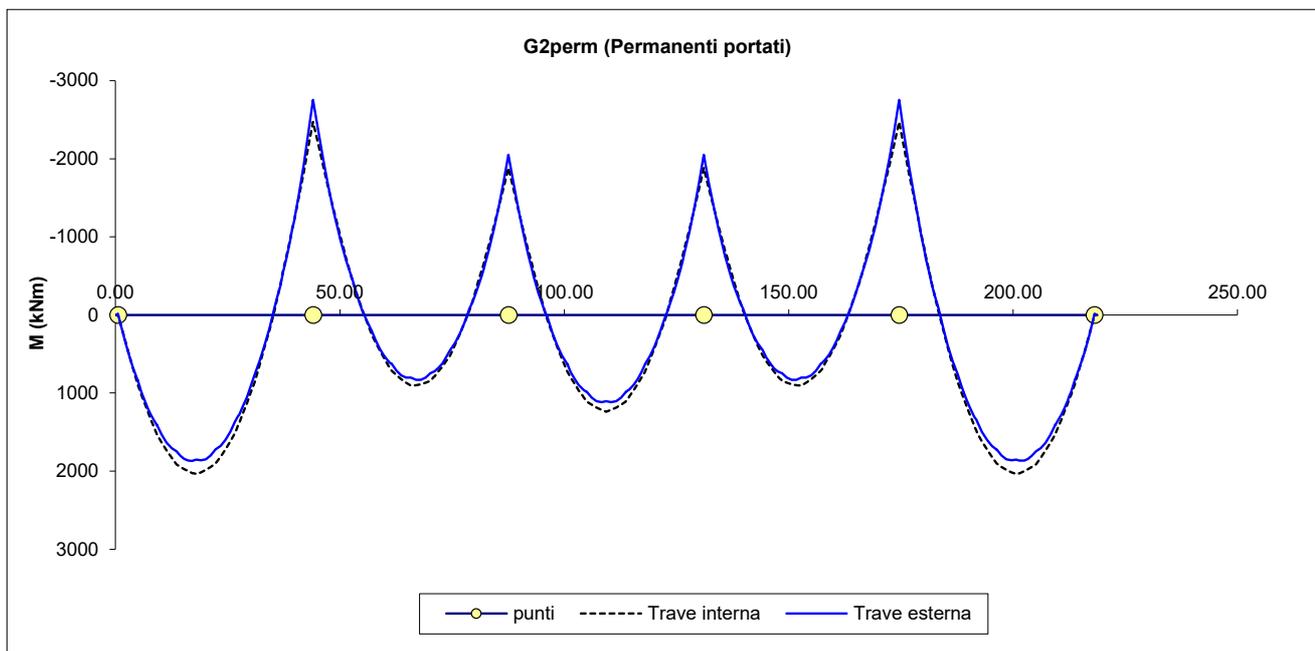


Figura 13 – Carichi da traffico + folla (Taglio minimo)

### 11.2.2 Travi principali: sollecitazione di 2<sup>a</sup> fase a $T_{oo}$



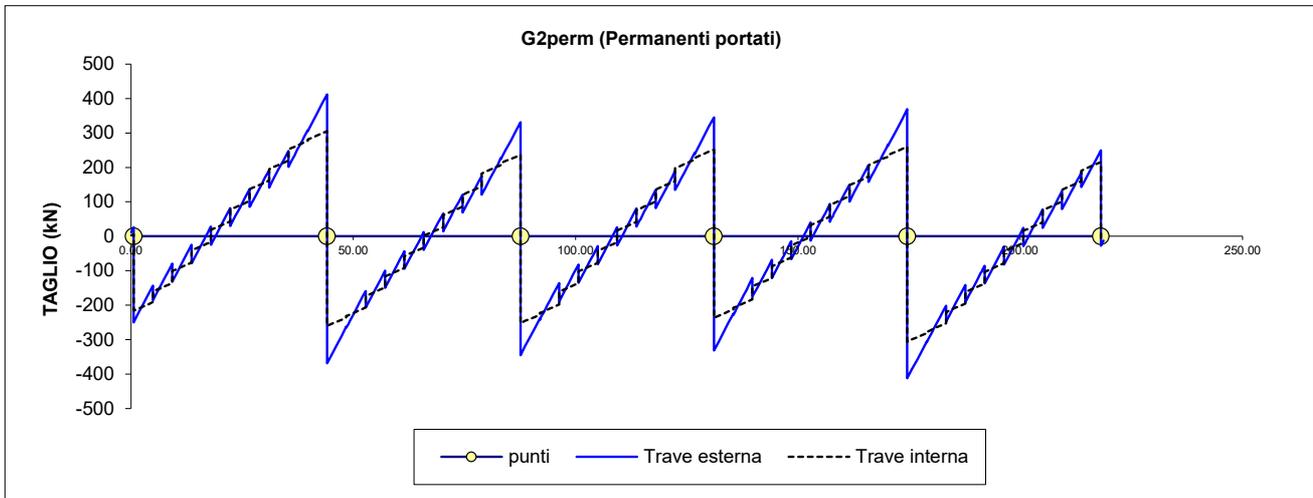
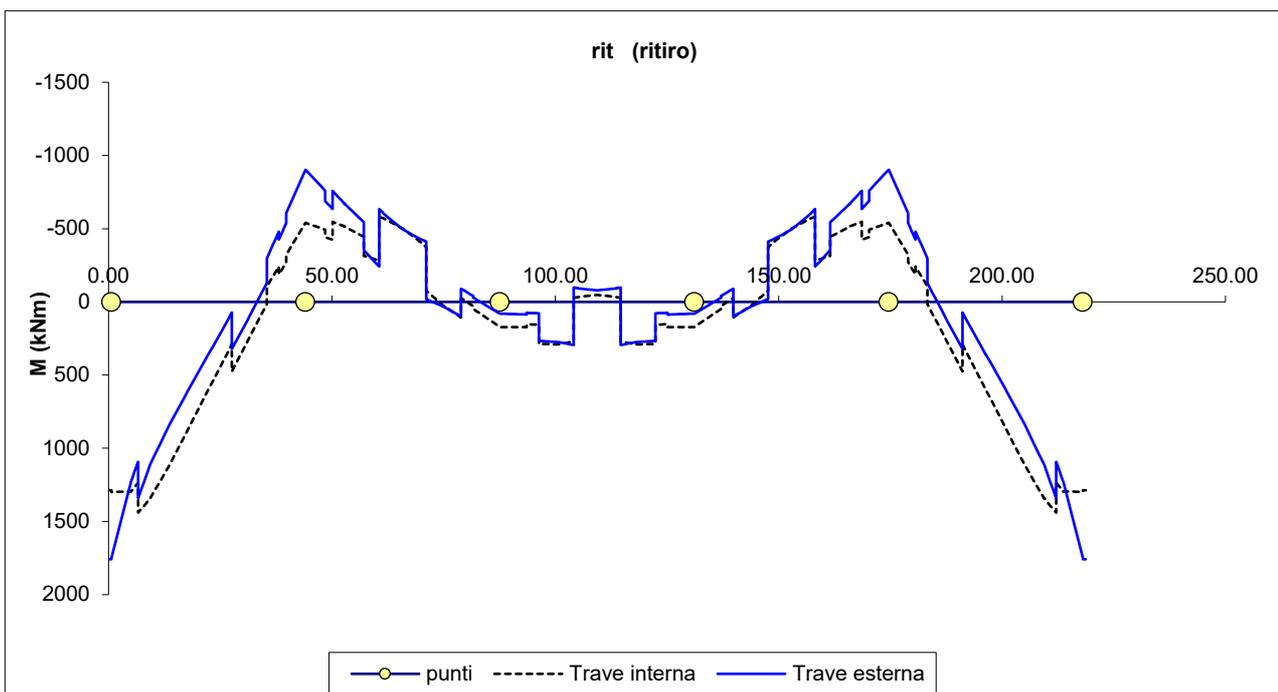


Figura 14 – Permanenti portati (Momento e Taglio)



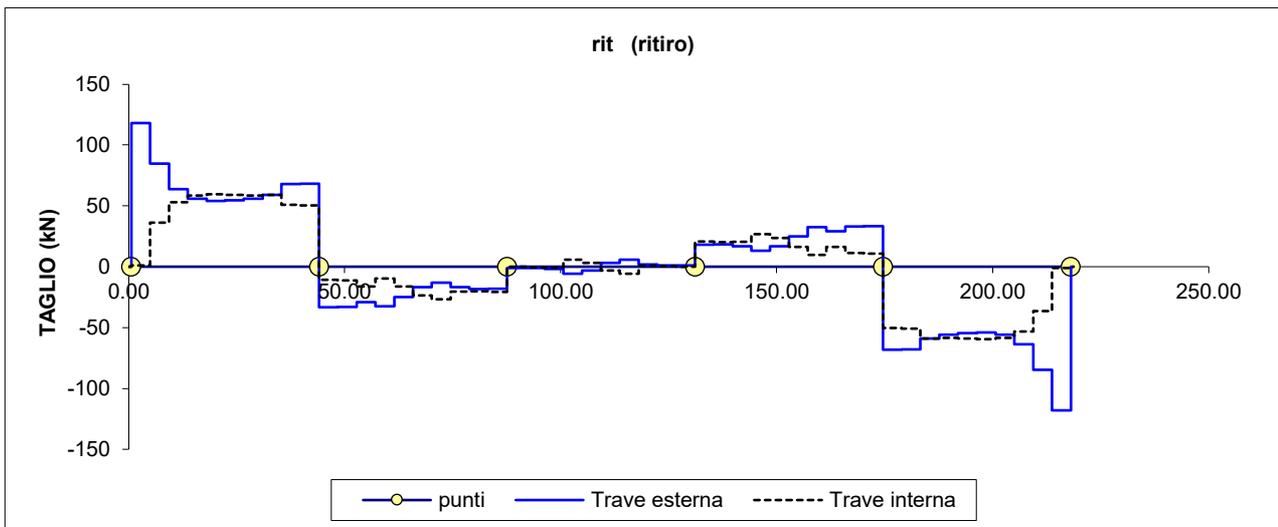
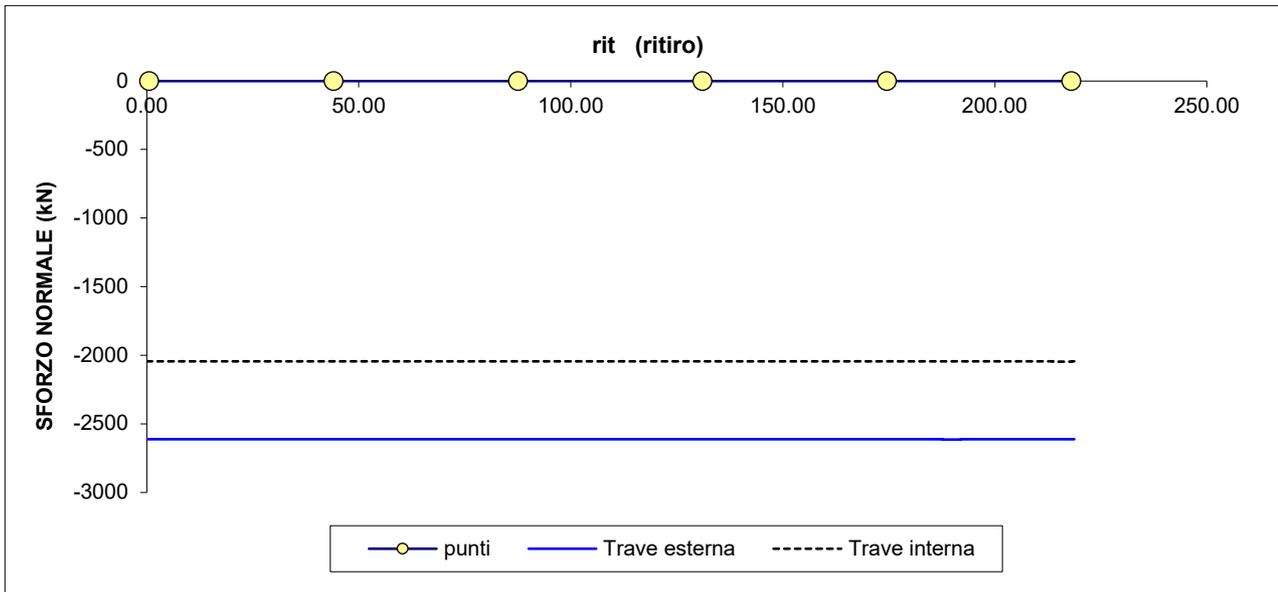


Figura 15 – Ritiro (Momento, Sforzo Normale e Taglio)

## 12 VERIFICA DEGLI ELEMENTI PRINCIPALI

### 12.1 Travi: verifica di resistenza allo SLU

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 trazione. Le unità di misura utilizzate per le tensioni sono i N/mm<sup>2</sup> (MPa).

I moduli di resistenza utilizzati per effettuare le verifiche sono di 4 tipi:

- fase 1: solo trave d'acciaio;
- fase 2 T<sub>0</sub>: trave d'acciaio più soletta omogeneizzata a tempo t zero;
- fase 2 T<sub>∞</sub>: trave d'acciaio più soletta omogeneizzata a tempo t infinito.
- fase 2 SNR: trave d'acciaio ed armature a tempo t zero/infinito (senza soletta)

dove la sigla SNR significa "soletta non reagente". Non si è differenziato tra T<sub>∞</sub> e T<sub>0</sub> nel caso SNR, in quanto in assenza di soletta i coefficienti di omogeneizzazione a T<sub>0</sub> e T<sub>∞</sub> non producono alcuna differenza.

Il calcolo delle tensioni è stato inizialmente condotto nell'ipotesi di calcestruzzo reagente; per tutte le sezioni per le quali il cls è risultato teso, il calcolo è stato poi ripetuto con i moduli di resistenza SNR.

Nel calcolo dei moduli di resistenza non sono state incluse le predalles.

L'armatura della soletta è stata anch'essa inclusa nel calcolo dei moduli di resistenza. Ai fini delle verifiche è stato considerato nel calcolo solo il quantitativo di armatura presente all'interno della larghezza collaborante delle travi d'acciaio.

Per ciascuna sezione e ciascun elemento strutturale (trave, soletta, armature) si riportano la tensione massima e minima relativa alla combinazione di verifica. Tali valori sono stati ricavati come somma dei contributi in termini di tensioni ottenuti utilizzando i moduli di resistenza pertinenti alla fase della sollecitazione.

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.

Si riassumono, di seguito, le relazioni utilizzate per il passaggio dallo stato di sollecitazione a quello tensionale.

Travi d'acciaio:

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

dove A, W cambiano valore in funzione della presenza della soletta e del coefficiente di omogeneizzazione, ed A<sub>t</sub> è pari all'area dell'anima della trave metallica.

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 e delle armature in essa incluse.

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.

Scorrimento al piano di estradosso trave (dimensionamento pioli):

$$S = T \times B_s$$

dove  $B_s$  cambia valore in funzione della presenza della soletta e del coefficiente di omogeneizzazione.  $B_s$  è pari al momento statico, relativo alla parte superiore ai connettori, diviso il momento d'inerzia totale:  $S_x/J$ .

Si riportano di seguito i diagrammi di involuppo delle tensioni (assiale, tangenziale ed ideale) sulle fibre corrispondenti all'intradosso ed all'estradosso trave metallica per entrambe le travi esaminate (esterna e interna).

Convenzioni segni tensioni: + compressione; - trazione.

I carichi mobili sono stati modellati mediante moving load. Conseguentemente per ogni sezione di verifica della trave si hanno 4 sollecitazioni dovute ai carichi mobili ( $M_{max}$ ,  $V_{max}$ ,  $M_{min}$ ,  $V_{min}$ ).

Sono state calcolate le tensioni per ognuna delle suindicate sollecitazioni.

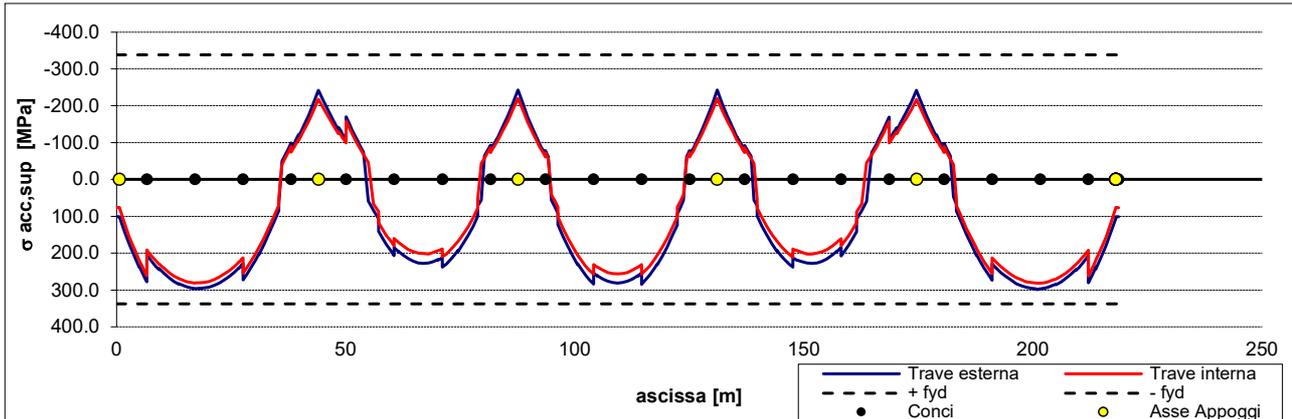
Quindi nel seguito vengono riportate le tensioni massime e minime in ogni sezione.

La condizione rappresentata è la SLU 1, essendo la combinazione più gravosa.

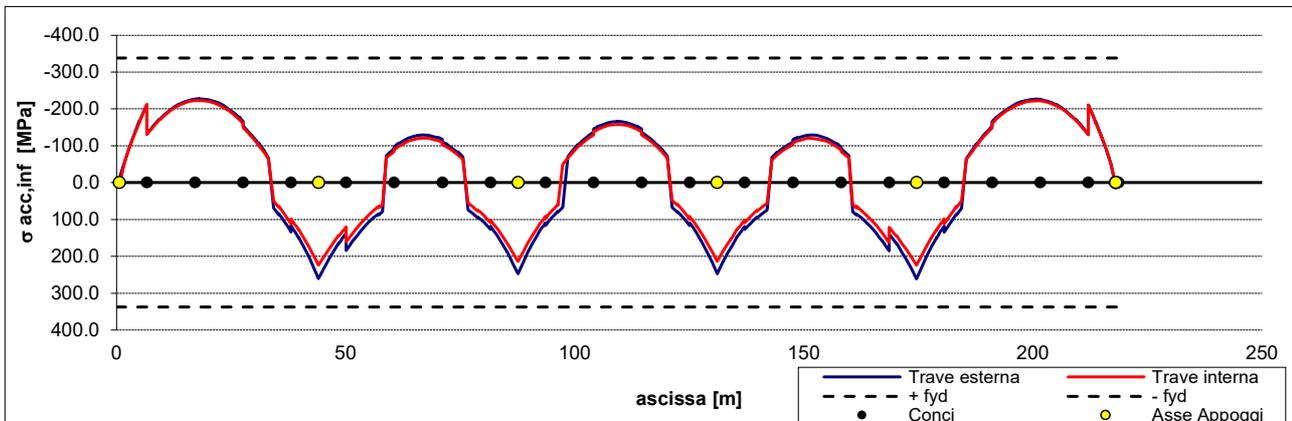
I seguenti diagrammi si riferiscono alle sollecitazioni desunte dal modello con soletta non reagente nella zona a ridosso degli appoggi intermedi.

Si riportano le verifiche della trave esterna (trave 1) e della trave interna (trave 2) essendo le travi maggiormente sollecitate.

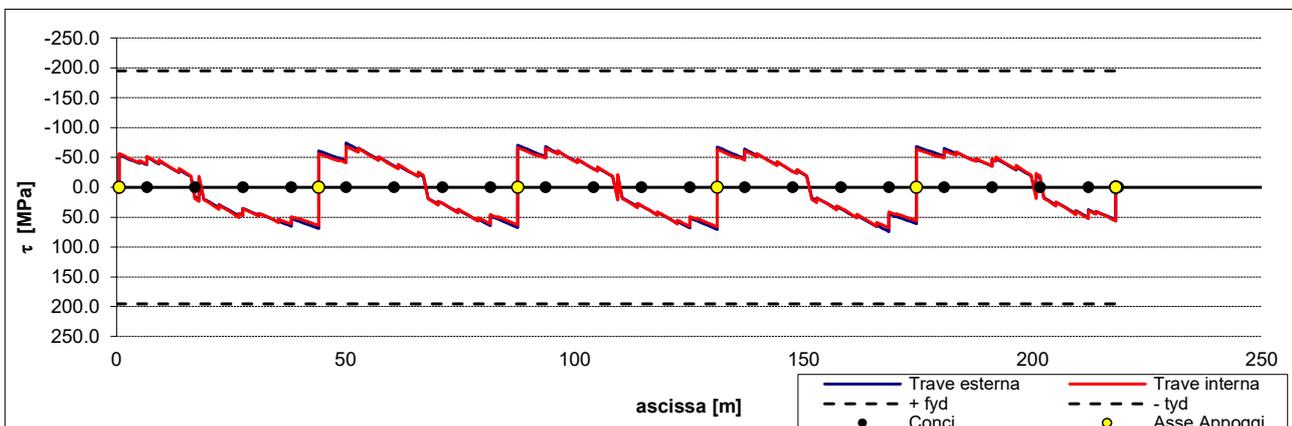
Tensione lembo superiore della trave:



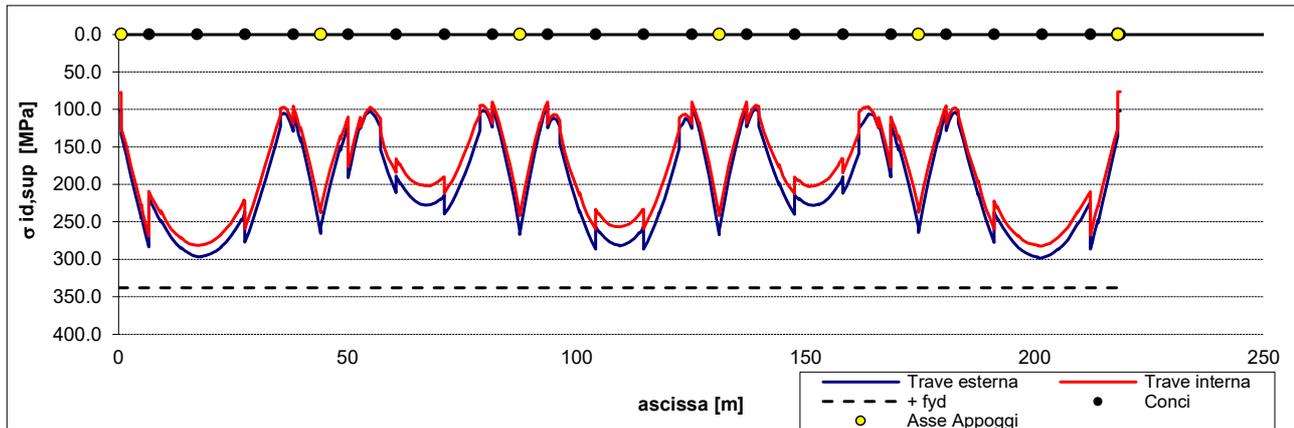
Tensione lembo inferiore della trave:



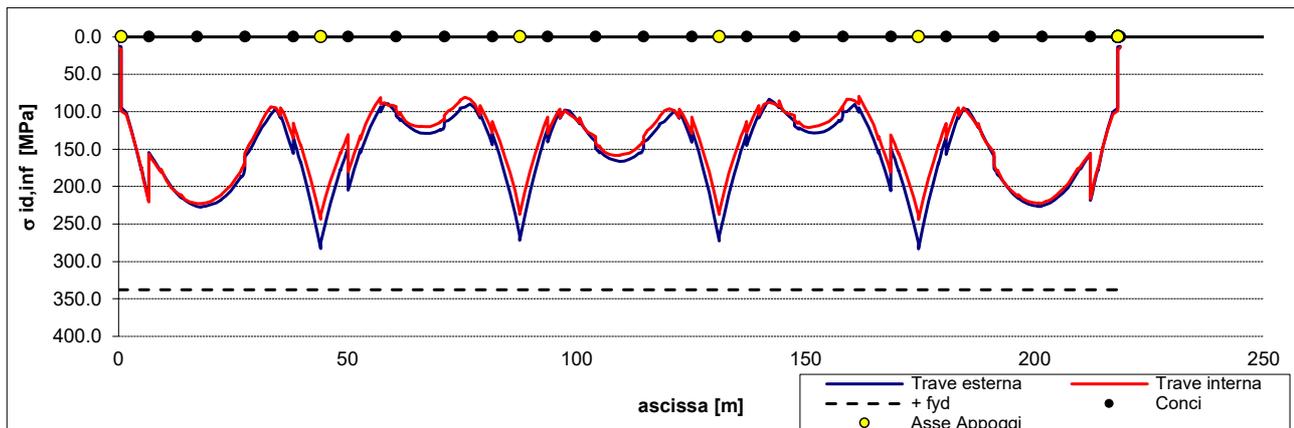
Tensione tangenziale media nella trave:



Tensione ideale lembo superiore della trave:



Tensione ideale lembo inferiore della trave:



## 12.2 Soletta: verifica di resistenza allo SLU in direzione longitudinale

Si riportano di seguito i diagrammi di involuppo delle tensioni all'estradosso soletta per la trave esterna e per quella interna. La combinazione rappresentata è la SLU 1.

Dapprima si riportano i diagrammi relativi al caso di soletta reagente (SR) con cui è stata valutata la zona di trazione del calcestruzzo e la zona in cui la tensione di trazione nel calcestruzzo supera  $2 f_{ctm}$ .

Quindi i diagrammi relativi al caso di soletta non reagente (SNR) nei tratti in cui il calcestruzzo è risultato teso.

Soletta reagente (SR).

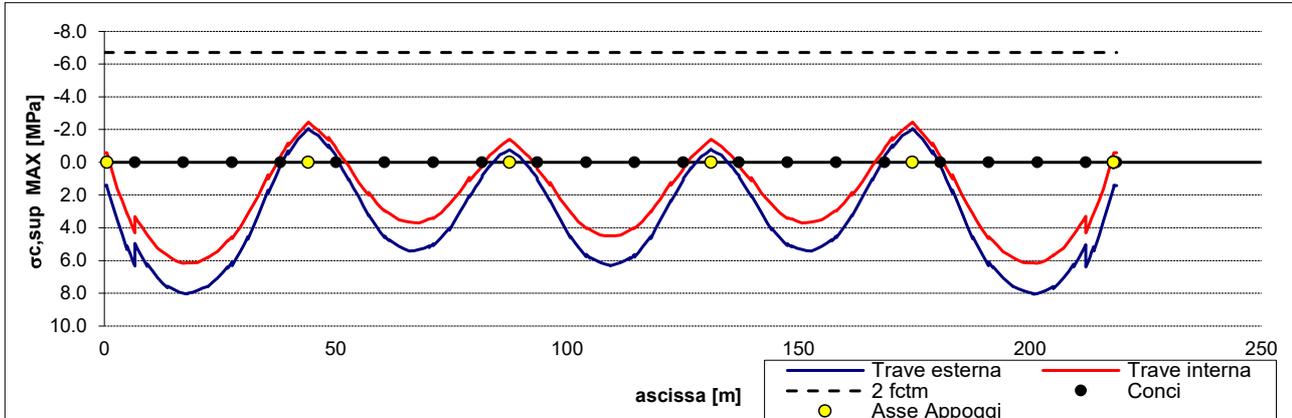


Figura 16 – Tensione massima sul calcestruzzo al lembo superiore della soletta

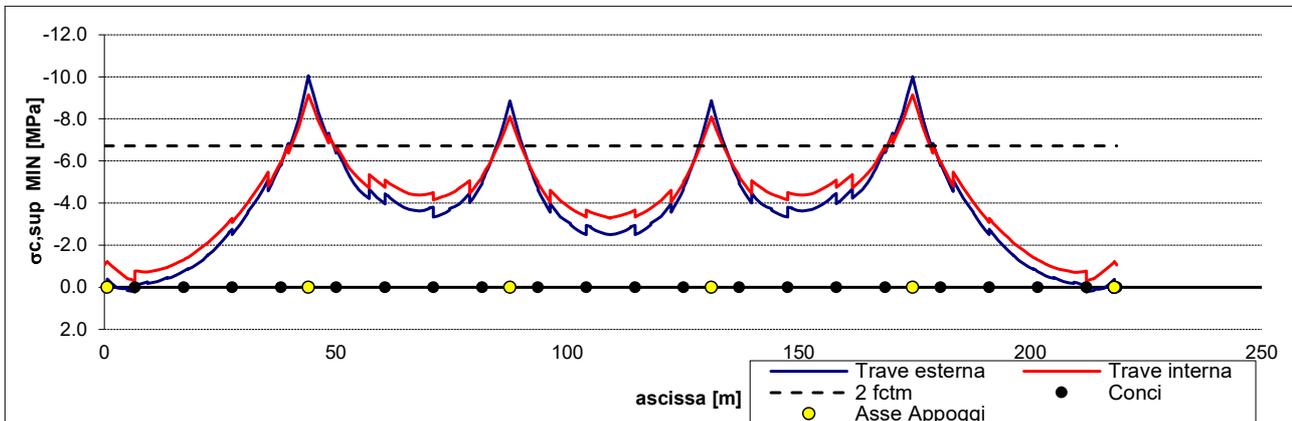


Figura 17 – Tensione minima sul calcestruzzo al lembo superiore della soletta

Caso soletta non reagente.

Come visualizzato nell'ultimo grafico riportato in precedenza il caso più gravoso per la trazione della soletta è rappresentata dalla condizione Mmin – Vmin degli accidentali, in cui la soletta risulta tesa lungo tutta la trave.

In tal modo la soletta è stata considerata non reagente lungo tutta la trave.

Si riportano i grafici della tensione nelle barre di armatura non considerando il contributo della soletta.

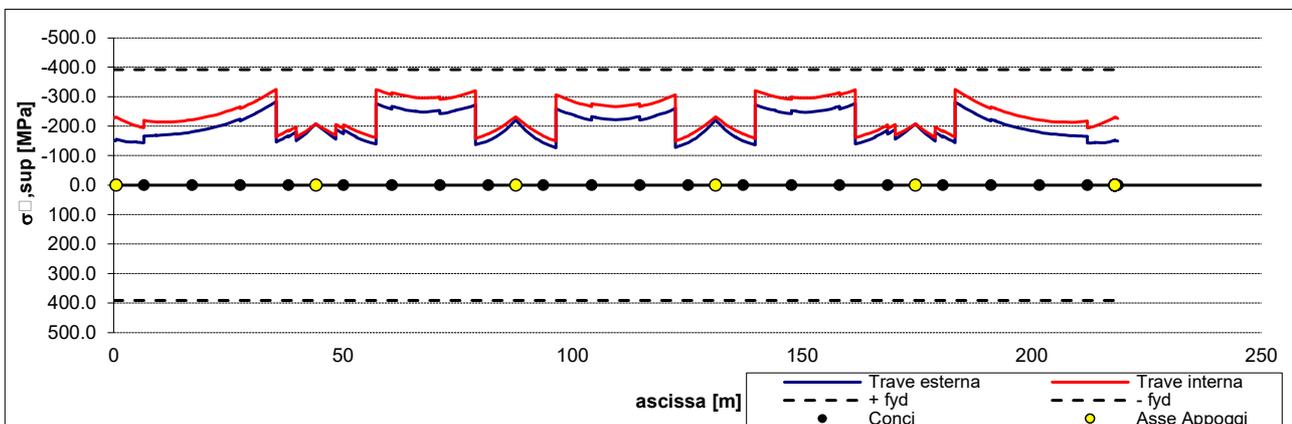


Figura 18 – Tensione minima nelle armature al lembo superiore della soletta

### 12.3 Soletta: verifica a fessurazione

Si effettua una verifica a fessurazione a tempo  $T_{00}$  in corrispondenza dell'appoggio della pila per la trave esterna essendo questa la trave con le maggiori sollecitazioni.

La combinazione di carico per la determinazione delle sollecitazioni è la SLE FREQUENTE con il gruppo di azioni 1.

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

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 3.35 / 1.2 = - 2.79 \text{ MPa}$$

Pertanto qualora la tensione risulta minore o uguale al suindicato valore occorre procedere con la verifica dello stato limite di apertura delle fessure.

Convenzione sui segni adottati:

$N > 0$ : trazione

$M > 0$ : tende le fibre all'intradosso della trave

$\sigma_t > 0$ : compressione

### Trave esterna su pile 2 e 5

Armatura:  $\phi 26/10$  sup. +  $\phi 26/20$  iter. +  $\phi 26/10$  inf.

Tensione delle armature da considerarsi nelle verifiche.

Questa verifica viene effettuata con il cls non reagente a trazione perché parzializzato.

CLS NON REAGENTE															
Sollecitazioni									Coazione				Tensioni totali		
	N	M	n	A	$W_{sol}$	$W_{arm}$	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{arm}$	N	$A_{sol}$	$A_{arm}$	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{arm}$	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{arm}$
	kN	kNm		cmq	cmc	cmc	MPa	MPa	kN	cmq	cmq	MPa	MPa	MPa	MPa
$T_0$	-676	-3958	-	1380	-	86274	-	-41.0	677	-	412.9	-	-16.4	-	-57.4
$T_{00}$	-2612	-3957	-	1380	-	86274	-	-26.9	2612	-	412.9	-	-63.3	-	-90.2
															<b>-147.6</b>

Verifica tensione di trazione nella soletta:

CLS REAGENTE															
Sollecitazioni									Coazione				Tensioni totali		
	N	M	n	A	$W_{sol}$	$W_{arm}$	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{arm}$	N	$A_{sol}$	$A_{arm}$	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{arm}$	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{arm}$
	kN	kNm		cmq	cmc	cmc	MPa	MPa	kN	cmq	cmq	MPa	MPa	MPa	MPa
$T_0$	-676	-3958	5.95	2250	1151155	213356	-2.9	-15.5	677	7775	412.9	-0.7	-3.9	-3.6	-19.5
$T_{00}$	-2612	-3957	16.66	1690	2047720	132622	-1.00	-14.4	2612	7775	412.9	-1.8	-29.7	-2.8	-44.1
														<b>-6.4</b>	<b>-63.6</b>

Si supera il limite  $f_{ctm} / 1.2$ .

Questa verifica viene effettuata con il cls reagente a trazione perché si suppone che esso sia al limite elastico. Rispetto alle sollecitazioni di verifica, lo sforzo normale ed il momento flettente sono ridotti proporzionalmente fino a quando non inducono nel cls una tensione pari a  $f_{cm}$ .

CLS REAGENTE: condizione di carico al limite della fessurazione															
fcm		4.02 MPa		% riduzior		0.63									
Sollecitazioni								Coazione				Tensioni totali			
N	M	n	A	$W_{sel}$	$W_{arm}$	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{arm}$	N	$A_{sel}$	$A_{arm}$	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{arm}$	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{arm}$	
kN	kNm		cmq	cmc	cmc	MPa	MPa	kN	cmq	cmq	MPa	MPa	MPa	MPa	
To	-426	-2493	5.95	2250	1151155	213356	-1.8	-9.8	426	7775	412.9	-0.4	-2.5	-2.3	-12.3
Too	-1645	-2492	16.66	1690	2047720	132622	-0.6	-9.1	1645	7775	412.9	-1.1	-18.7	-1.8	-27.8
														<b>-4.02</b>	<b>-40.0</b>

Questa verifica viene ripetuta con il cls non reagente a trazione per determinare la tensione delle armature (al limite elastico) da considerarsi nelle verifiche a fessurazione:

CLS NON REAGENTE: condizione di carico al limite della fessurazione															
Sollecitazioni								Coazione				Tensioni totali			
N	M	n	A	$W_{sel}$	$W_{arm}$	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{arm}$	N	$A_{sel}$	$A_{arm}$	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{arm}$	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{arm}$	
kN	kNm		cmq	cmc	cmc	MPa	MPa	kN	cmq	cmq	MPa	MPa	MPa	MPa	
To	-426	-2493	-	1380	-	86273.55	-	-25.8	426	-	412.9	-	-10.3	-	-36.1
Too	-1645	-2492	-	1380	-	86273.55	-	-17.0	1645	-	412.9	-	-39.9	-	-56.8
															<b>-93.0</b>

c	67	mm
s	100	mm
$k_2$	0.4	-
$k_3$	0.25	-
$\phi$	26	mm
$A_s$	41285	mm <sup>2</sup>
$h_{eff}$	250	mm
$A_{eff}$	250000	mm <sup>2</sup>
$\rho$	0.16514	-
$S_{rm}$	169.7	mm
$\sigma_t$	-27.93	kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_s$	-1475.8	kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{sr}$	-929.6	kg/cm <sup>2</sup>
$\beta_1$	1	-
$\beta_2$	0.5	-
$(1-\beta_1\beta_2(\sigma_{sr}/\sigma_s)^2)$	0.80	-
E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
$\epsilon_{sr}$	0.0005634	-
$w_m$	0.0956	mm
$w_k$	<b>0.163</b>	mm



c	67	mm
s	100	mm
k <sub>2</sub>	0.4	-
k <sub>3</sub>	0.25	-
φ	26	mm
A <sub>s</sub>	33028	mm <sup>2</sup>
h <sub>eff</sub>	250	mm
A <sub>eff</sub>	250000	mm <sup>2</sup>
ρ	0.13211	-
s <sub>rm</sub>	173.7	mm
σ <sub>t</sub>	-27.93	kg/cm <sup>2</sup>
σ <sub>s</sub>	-1482.0	kg/cm <sup>2</sup>
σ <sub>sr</sub>	-1089.0	kg/cm <sup>2</sup>
β <sub>1</sub>	1	-
β <sub>2</sub>	0.5	-
(1-β <sub>1</sub> β <sub>2</sub> (σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> )	0.73	-
E	2100000	kg/cm <sup>2</sup>
ε <sub>sr</sub>	0.0005152	-
w <sub>m</sub>	0.0895	mm
w <sub>k</sub>	<b>0.152</b>	mm

w limite	0.2	mm
Verifica	OK	

#### 12.4 Riepilogo tensioni agenti sulla trave allo SLU

Si riportano di seguito le massime e le minime tensioni agenti sui due lembi della trave (σ<sub>a</sub> - σ<sub>aid</sub> - τ<sub>a</sub>), sul lembo superiore della soletta (σ<sub>c,sup</sub>) e sulle armature di quest'ultima (σ<sub>φ,sup</sub>) ed i rispettivi tassi di lavoro:

	σ <sub>c,sup</sub>	σ <sub>φ,sup</sub>	σ <sub>a,sup</sub>	σ <sub>a,inf</sub>	τ <sub>a,sup</sub>	τ <sub>a,inf</sub>	σ <sub>id,sup</sub>	σ <sub>id,inf</sub>
	[MPa]	[MPa]						
Tensioni max	-	82.56	298.18	261.33	74.20	74.20	298.31	283.65
Tensioni min	-	-324.94	-242.52	-227.54	-73.98	-73.98	17.33	1.17
FS tensioni max	-	<b>0.21</b>	<b>0.88</b>	<b>0.77</b>	<b>0.38</b>	<b>0.38</b>	<b>0.88</b>	<b>0.84</b>
FS tensioni min	-	<b>0.83</b>	<b>0.72</b>	<b>0.67</b>	<b>0.38</b>	<b>0.38</b>	<b>0.05</b>	<b>0.00</b>

Tutte le suindicate tensioni sono inferiori ai seguenti limiti tensionali:

$$\sigma_c < f_{cd} = 21.2 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_\phi < f_{yd} = 391.0 \text{ Mpa}$$

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia**  
**Relazione di calcolo travi impalcato continuo in**  
**acc/cls**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX809001	B	123 di 134

$$\sigma_a < f_{yd} = 338.1 \text{ Mpa } t \leq 40 \text{ mm}$$

$$\sigma_a < f_{yd} = 319.0 \text{ Mpa } t > 40 \text{ mm}$$

$$\tau_a < f_{yd} / \sqrt{3} = 195.2 \text{ Mpa } t \leq 40 \text{ mm}$$

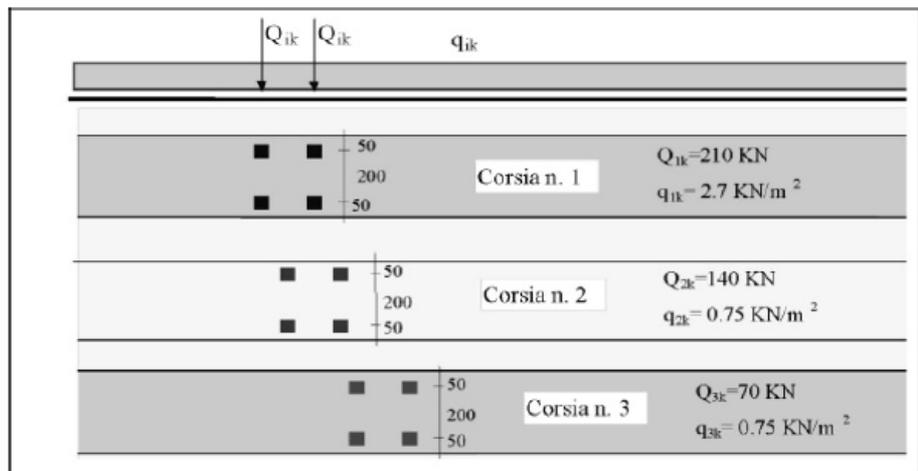
$$\tau_a < f_{yd} / \sqrt{3} = 184.2 \text{ Mpa } t > 40 \text{ mm}$$

## 12.5 Verifiche allo stato limite di fatica

Si conduce una verifica per vita illimitata secondo quanto indicato al § 5.1.4.3 delle NTC18.

Le verifiche a fatica per vita illimitata possono essere condotte, per dettagli caratterizzati da limite di fatica ad ampiezza costante, controllando che la massima differenza di tensione  $\Delta\sigma_{\max}=(\sigma_{\max}-\sigma_{\min})$  indotta nel dettaglio stesso dallo spettro di carico significativo risulti minore del limite di fatica del dettaglio stesso.

Si assume il modello di carico di fatica 1 costituito dallo Schema di Carico 1 assumendo il 70% dei carichi concentrati ed il 30% di quelli distribuiti.



Coefficienti di sicurezza da assumere per le verifiche a fatica:

	Conseguenze della rottura	
	Conseguenze moderate	Conseguenze significative
Strutture poco sensibili alla rottura per fatica	$\gamma_{Mf} = 1,00$	$\gamma_{Mf} = 1,15$
Strutture sensibili alla rottura per fatica	$\gamma_{Mf} = 1,15$	$\gamma_{Mf} = 1,35$

Si assume  $\gamma_{Mf} = 1.35$ .

La verifica a vita illimitata si esegue controllando che sia:

$$\Delta\sigma_{\max,d} = \gamma_{Mf} \cdot \Delta\sigma_{\max} \leq \Delta\sigma_D$$

oppure che :

$$\Delta\tau_{\max,d} = \gamma_{Mf} \cdot \Delta\tau_{\max} \leq \Delta\tau_D = \Delta\tau_L$$

Dove  $\Delta\sigma_{\max,d}$  e  $\Delta\tau_{\max,d}$  sono, rispettivamente, i valori di progetto delle massime escursioni di tensioni normali e di tensioni tangenziali indotte nel dettaglio considerato dallo spettro di carico, e  $\Delta\sigma_D$  e  $\Delta\tau_D$  i limiti di fatica ad ampiezza costante ( $\Delta\sigma_D = 0.737 \Delta\sigma_C$  e  $\Delta\tau_D = 0.549 \Delta\tau_C$ )

Definizione delle resistenze a fatica.

Attraverso le seguenti figure si definiscono le resistenze a fatica corrispondenti a  $2 \times 10^6$  cicli  $\Delta\sigma_C$  e  $\Delta\tau_C$

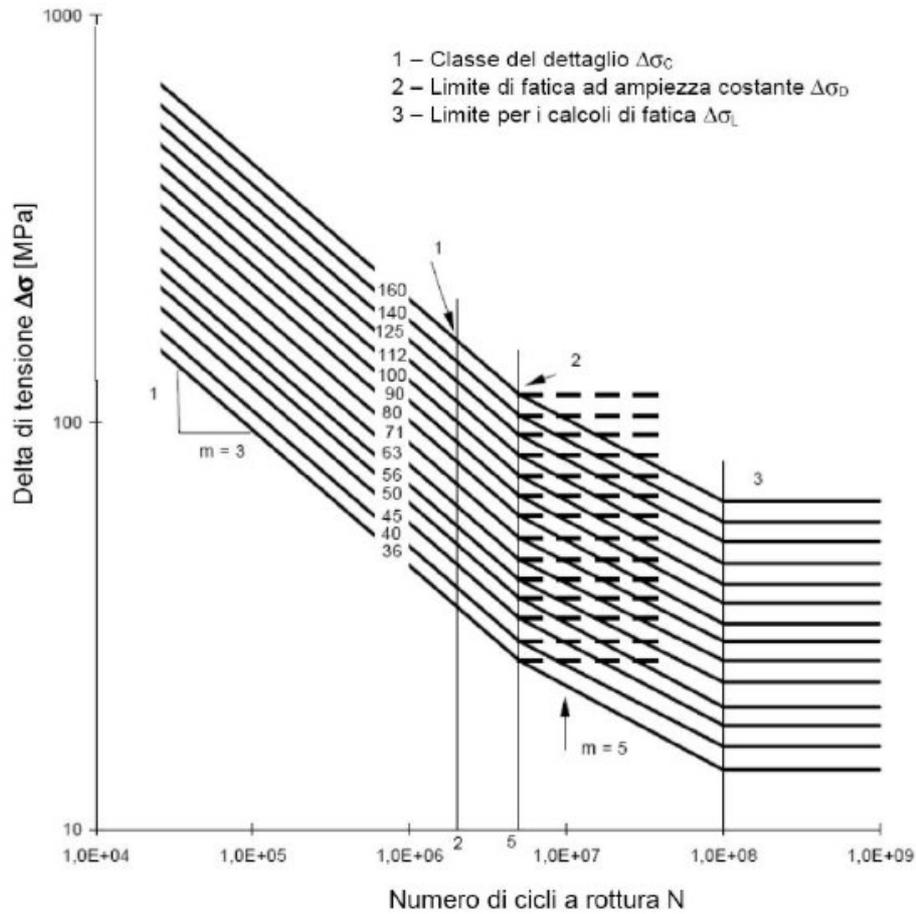


Fig. 2.7.1.1.5-1 – Curve S-N per dettagli / elementi soggetti a tensioni normali

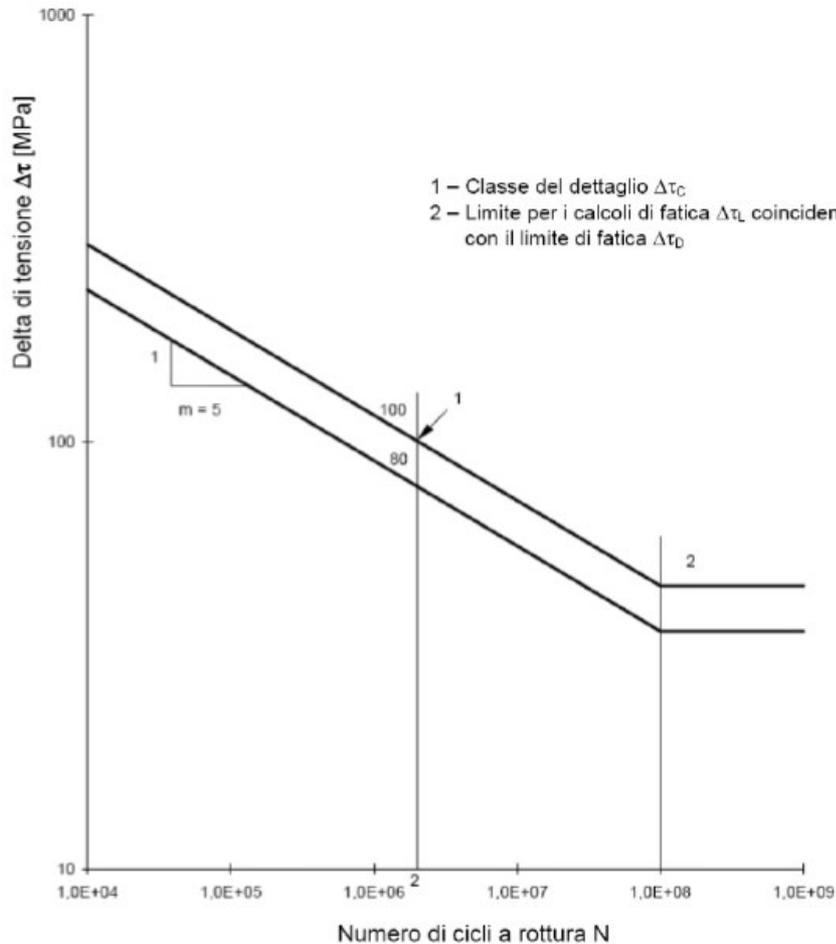


Fig. 2.7.1.1.5-3 – Curve S-N per dettagli / elementi soggetti a tensioni tangenziali

Per il caso in esame si assumono i seguenti dettagli desunti dalle tabelle C4.2 della Circolare 2019:

$\Delta\sigma_C$	80 MPa	7, 9 tab XV
$\Delta\sigma_C$	71.13 MPa	10 tab XIV
$\Delta\tau_C$	80 MPa	8 tab XVI.b

A cui corrispondono i seguenti valori di progetto

$\Delta\sigma_D$	59.0 MPa
$\Delta\sigma_D$	52.4 MPa
$\Delta\tau_D$	43.9 MPa

I dettagli 7, 9 tab.XV e 8 tab XVI.b si intendono estesi su tutta la trave, mentre il dettaglio 10 tab XIV limitatamente alle connessione tra conci.

Nei seguenti grafici si riportano i  $\Delta\sigma_{\max,d}$  e  $\Delta\tau_{\max,d}$  lungo tutta la trave.

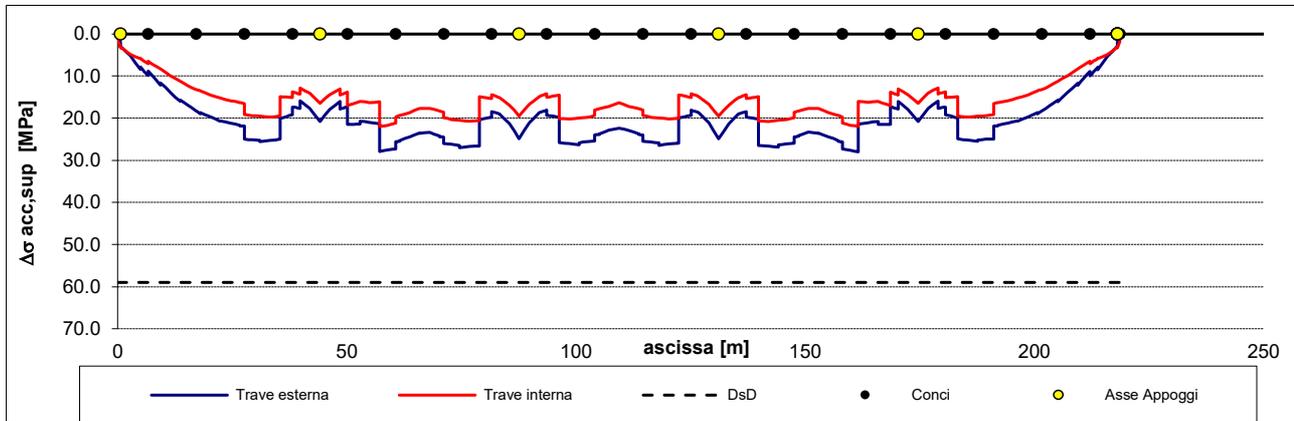


Figura 19 – Variazione tensionale normale - lembo superiore trave

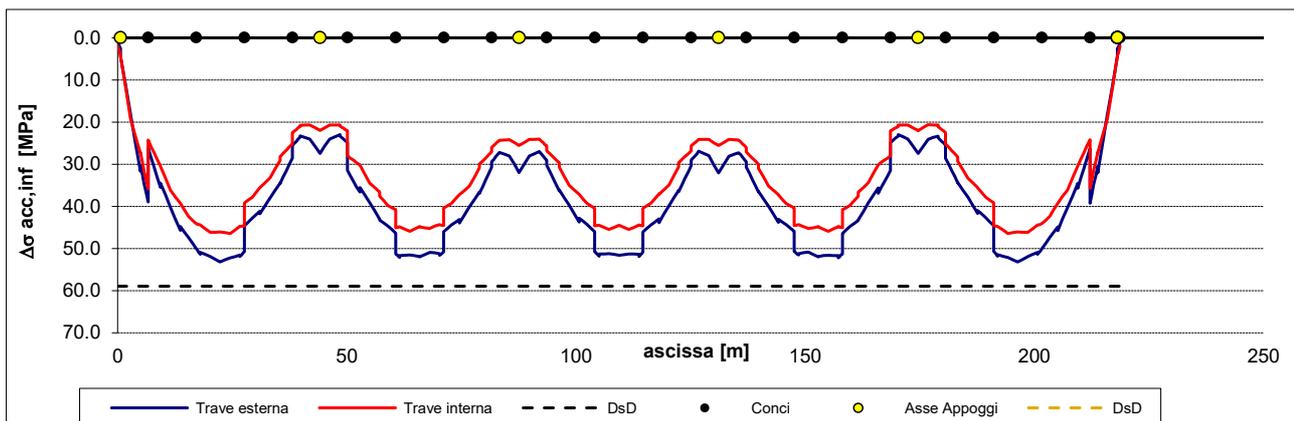


Figura 20 – Variazione tensionale normale - lembo inferiore trave

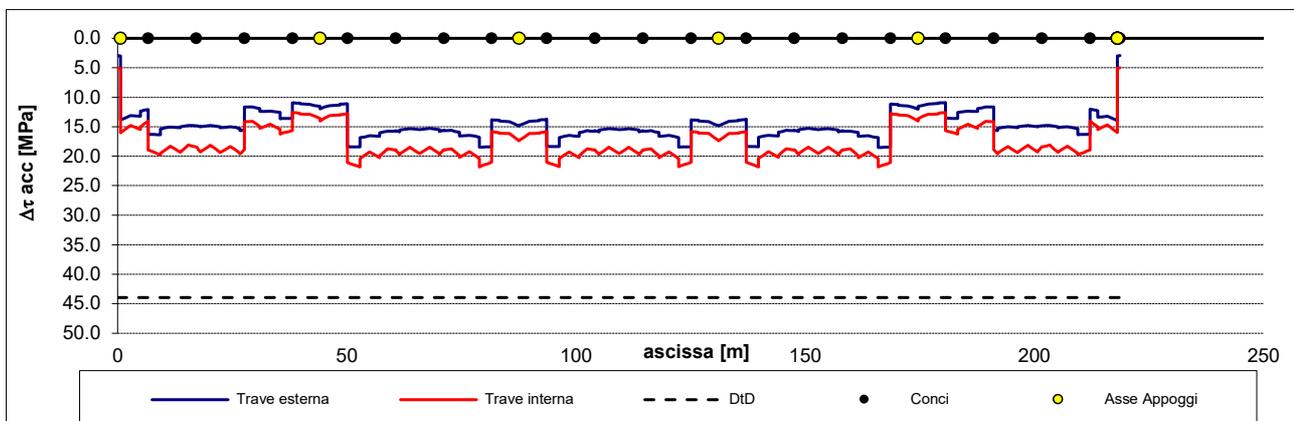


Figura 21 – Variazione tensionale tangenziale - lembo inferiore trave

Ovunque risultano rispettate le seguenti disuguaglianze:

$$\Delta\sigma_{\max,d} = \gamma_{Mf} \cdot \Delta\sigma_{\max} \leq \Delta\sigma_D$$

$$\Delta\tau_{\max,d} = \gamma_{Mf} \cdot \Delta\tau_{\max} \leq \Delta\tau_D = \Delta\tau_L$$

Riguardo alla verifica del dettaglio 10 tab XIV si riporta la verifica per il caso più gravoso (giunzione tra concio 1-3 e concio 1-4):

$$\Delta\sigma_{\max,d} = 51.3 \text{ MPa} < \Delta\sigma_D = 52.4 \text{ MPa}$$

$$\text{Con } \Delta\sigma_D = 0.737 \times 80 \text{ MPa} \times (25 \text{ mm} / 45 \text{ mm})^{0.2}$$

## 12.6 Verifica di deformabilità

La deformazione sotto l'azione dei carichi accidentali di progetto al loro valore nominale deve rispettare il seguente limite:

$$f \leq L/700$$

dove:

L = luce di calcolo

f = massima freccia verticale

Dal modello la massima deformazione verticale relativa al gruppo di azione 1 con i carichi  $Q_{ik}$  disposti in mezzeria risulta pari a:

	Trave Esterna
$f_{\max}$ schema di carico 1 (mm)	38.5
$f_{\max}$ schema di carico 5 (mm)	4.5
Sommano:	43.0

Le suindicate deformazioni risultano inferiori al limite massimo  $S_{v\lim} = L/700 = 43500/700 = 62.1 \text{ mm}$ .

### 13 VERIFICA DELLA SOLETTA IN DIREZIONE TRASVERSALE

Si rimanda all'elaborato IV0100D09CLIVX80A001.

## 14 SCARICHI SUGLI APPOGGI

Si rimanda all'elaborato IV0100D09CLIVX80A001.

## 15 REAZIONI COMPLESSIVE SULLE SOTTOSTRUTTURE

Si rimanda all'elaborato IV0100D09CLIVX80A001.

## 16 SPOSTAMENTI APPARECCHI DI APPOGGIO E GIUNTI

Si rimanda all'elaborato IV0100D09CLIVX80A001.