

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA AV/AC VERONA - PADOVA**

**SUB TRATTA VERONA – VICENZA**

**1° SUB LOTTO VERONA – MONTEBELLO VICENTINO**

VI PONTI E VIADOTTI

VI00 GENERALE IMPALCATI:IMPALCATO DA 40M. IN STRUTTURA MISTA ACCIAIO-CLS

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M. IN STRUTTURA MISTA ACCIAIO-CLS

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.	SCALA:
<b>ATI bonifica</b> Progettista integratore	Consorzio IRICAV DUE Il Direttore		-
Franco Persio Bocchetto Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 8664 – Sez. A settore Civile ed Ambientale			

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

I	N	0	D	0	0	D	I	2	C	L	V	I	0	0	0	7	0	1	3	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

<b>ATI bonifica</b>	VISTO ATI BONIFICA	
	Firma	Data
	Ing.F.P. Bocchetto	Luglio 2015

Programmazione

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	A. Arena	Luglio 2015	G. Nizzi	Luglio 2015	F.P. Bocchetto	Luglio 2015	F. Momoni Luglio 2015

File: IN0D00DI2CLVI0007013A_00A.DOCX	CUP.: J41E9100000009	n. Elab.:
	CIG.: 3320049F17	

INDICE

1	INTRODUZIONE .....	5
2	NORMATIVE .....	7
3	MATERIALI.....	8
3.1.1	Calcestruzzo .....	8
3.1.2	Acciaio .....	8
4	ANALISI DEI CARICHI .....	10
4.1	Permanenti Strutturali.....	10
4.2	Permanenti Portati.....	11
4.3	Vento .....	12
4.4	Temperatura.....	14
4.5	Azione sismica .....	14
4.6	Azione da traffico – Carichi verticali .....	17
4.7	Azione da traffico – Carichi orizzontali .....	20
4.7.1	Centrifuga .....	20
4.7.2	Avviamento / Frenatura.....	22
4.7.3	Serpeggio.....	23
4.8	Azione da traffico – Carichi eccezionali .....	24
4.9	Azione a lungo termine.....	26
4.9.1	Ritiro.....	26
4.9.2	Viscosità.....	27
5	COMBINAZIONE DELLE AZIONI .....	29
5.1	Gruppi di carico .....	30
5.2	Combinazioni di carico .....	31
6	MODELLO DI CALCOLO .....	32
6.1	Modello agli elementi finiti (EF) .....	32
6.2	Sezioni elementi monodimensionali .....	34
6.2.1	Trave principale .....	34
6.2.2	Trasverso corrente.....	35
6.2.3	Trasverso di testata .....	36
6.2.4	Controvento di piano.....	36
6.3	Convenzione dei segni.....	37
6.4	Metodologia di analisi e verifica .....	39
7	ANALISI DINAMICA .....	43

7.1	Coefficiente di amplificazione dinamica secondo dm2008 .....	43
7.1.1	Requisiti sulla frequenza flessionale.....	44
7.2	Coefficiente di amplificazione dinamica reale .....	44
7.2.1	Ipotesi di modellazione .....	45
7.2.2	Analisi modale.....	45
7.2.2.1	Forme modali .....	49
7.2.3	Analisi dinamica .....	50
7.2.3.1	Caratteristiche meccaniche del modello .....	51
7.2.3.1.1	Modo flessionale .....	51
7.2.3.1.2	Modo torsionale.....	51
7.2.3.2	Risultati, modello di carico hslm .....	52
7.2.3.2.1	Analisi moto flessionale.....	52
7.2.3.2.2	Analisi moto torsionale .....	54
7.2.3.3	Risultati, modello di carico treno reale (tr) .....	56
7.2.3.3.1	Analisi moto flessionale.....	57
7.2.3.3.2	Analisi moto torsionale .....	59
7.2.3.4	Considerazioni finali.....	61
8	VERIFICA SLU .....	62
8.1	Trave sezione di appoggio .....	63
8.2	Verifiche elemento trasversi 2L 100X10 (20) .....	74
8.3	Verifiche controventi verticali L 120X10 .....	76
8.4	Trave sezione 2.....	78
8.5	Trave sezione 3.....	89
8.6	Trave sezione 4.....	100
8.7	Verifiche controventi di piano 2L 100X10 (20) .....	111
9	VERIFICHE SLE.....	113
9.1	Verifiche deformative.....	113
9.1.1	Accelerazioni verticali sull'impalcato.....	113
9.1.1.1	Deformazioni torsionali sull'impalcato.....	113
9.1.1.2	Inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato.....	114
9.1.1.3	Inflessione nel piano verticale dell'impalcato.....	114
9.1.1.4	Stato limite di comfort dei passeggeri.....	116
10	VERIFICHE A FATICA.....	117
10.1	Trave Sezione di appoggio .....	118
10.2	Trave Sezione di mezzeria .....	120

# Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.  
IN0D00DI2CLVI0007013A

Pag.  
4 di 121

## 1 INTRODUZIONE

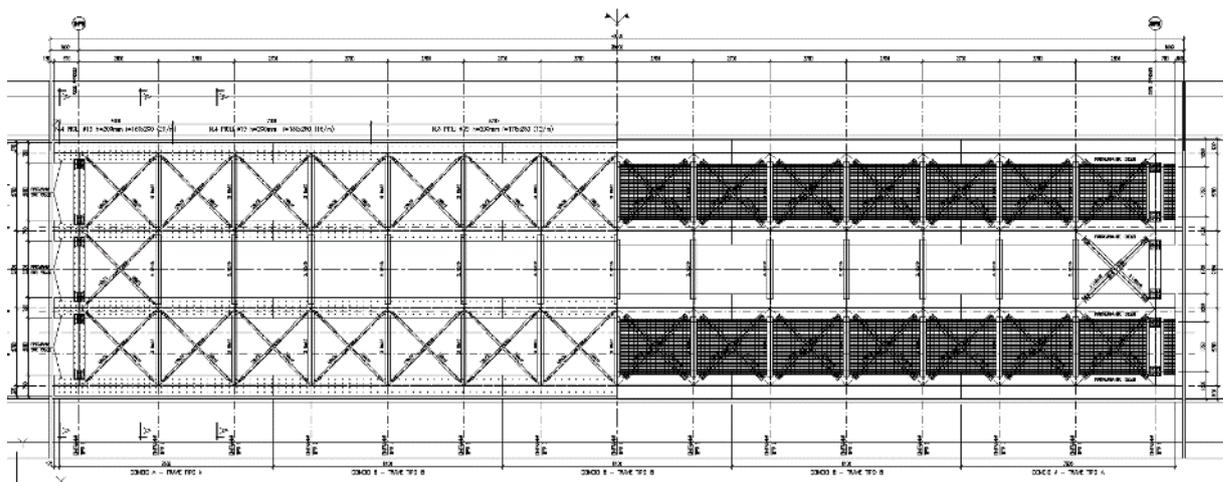
La struttura oggetto della presente relazione è costituita da un impalcato semplicemente appoggiato con luce di 38 m, in struttura mista acciaio-calcestruzzo con lunghezza totale dell'impalcato pari a 40 m.

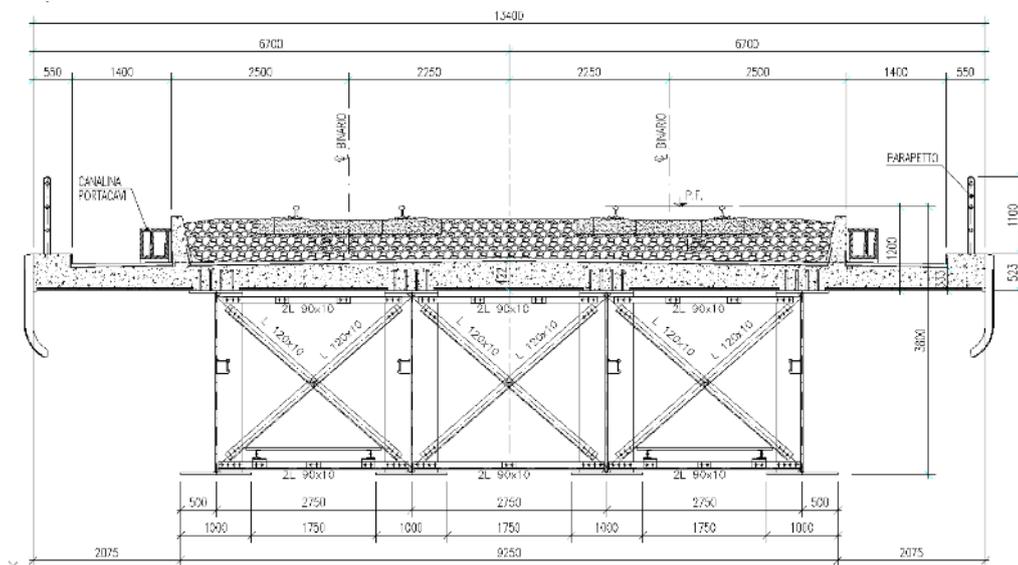
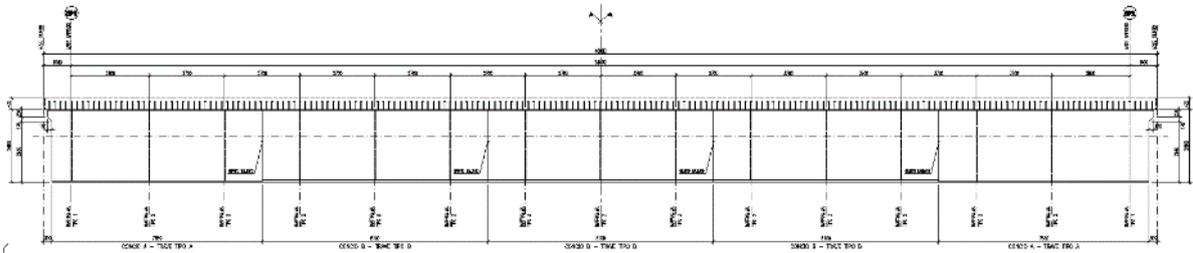
L'impalcato è costituito da 4 travi in acciaio posti ad interasse di 2.75 m; i trasversi sono costituiti da una struttura a traliccio con interasse 2.7 m e costituita da profilati ad L a lati uguali ad eccezione dei trasversi di testata, posti in asse appoggio, realizzati con profili a doppio T resi solidali con la soletta. L'interasse tra il trasverso di testata e il primo trasverso a traliccio e' pari a 2.8 m.

Le travi longitudinali son realizzate in acciaio tipo S355K2 ed hanno altezza pari a 2.60 m costante su tutta la lunghezza. Lo spessore dell'anima delle travi varia da un massimo di 30 mm, per un tratto di lunghezza pari a 4.15 m dall'asse appoggio, ad un minimo di 20 mm per la restante lunghezza in campata.

La soletta è invece realizza in calcestruzzo armato C32/40 a spessore variabile da 34 cm a 42 cm e larghezza 13.40 m.

Si riportano di seguito pianta prospetto e sezione trasversale del ponte.





 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 7 di 121

## 2 NORMATIVE

Nell'esecuzione dei calcoli si fa riferimento alla legislazione vigente con particolare riferimento alle seguenti normative:

### **LEGGE n. 1086 05.11.1971**

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica.

### **LEGGE n. 64 02.02.1974**

Provvedimenti per le costruzioni con particolare prescrizione per le zone sismiche.

### **DPR n. 301 20.10.2001**

Testo unico in materia edilizia

### **Ministero dei LL.PP – D.M. 14.01.2008**

Norme tecniche per le costruzioni.

### **Circolare 2 Febbraio 2009 n.617**

Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.

### **CNR – DT 207/2008**

Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.

### **RFI DTC INC PO SP IFS 001 A**

Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario.

### **RFI DTC INC PO SP IFS 003 A**

Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari

### **EC3 - UNI EN 1993-1-1:2005**

### 3 MATERIALI

La struttura è interamente realizzata con lamiere e profilati in acciaio tipo S 355 K2.

Le caratteristiche dei materiali sono quelle previste dalla normativa NTC 2008. La soletta è realizzata con calcestruzzo classe C32/40 e barre di armatura B450.

#### 3.1.1 Calcestruzzo

##### Soletta

Classe di resistenza	<b>C32/40</b>	
Classe di esposizione	XC4	
Classe di consistenza	S4-S5	
Max Rapporto a/c	0.5	
Diametro max. Aggregato	25	mm
Modulo elastico $E_{cm} = 22000[f_{cm}/10]^{0,3}$	33346	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a traz. semplice $f_{ctm} = 0,30f_{ck}^{2/3}$	3.02	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratt. a traz. semplice $f_{ctk} = 0,7f_{ctm}$	2.12	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto a traz. semplice $f_{ctk}/1,5$	1.41	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a traz. per flessione $f_{cfm} = 1,2f_{ctm}$	3.63	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratt. a traz. Per flessione $f_{cfk} = 0,7f_{cfm}$	2.54	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a comp. $f_{cd} = \alpha_{cc}f_{ck}/1,5$	18.13	N/mm <sup>2</sup>
Tipo cemento	CEM III-V*	
Copriferro	40	mm

#### 3.1.2 Acciaio

##### Armatura lenta

Tipo di acciaio	B450C
Resistenza caratteristica di snervamento $f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica di rottura $f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>
Modulo Elastico	210000 N/mm <sup>2</sup>

**Carpenteria Metallica**

Tipo di acciaio travi ( $s \leq 40\text{mm}$ )	S355J2G3
Tipo di acciaio travi ( $s \geq 40\text{mm}$ )	S355K2G3
Resistenza caratteristica di snervamento $f_{yk}$	355 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica di rottura $f_{tk}$	510 N/mm <sup>2</sup>
Modulo Elastico	210000 N/mm <sup>2</sup>

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>		
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>		
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M		
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO	REV.	Pag.
	<b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>		10 di 121

## 4 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riporta l'analisi dei carichi presi in considerazione per la struttura in esame.

### 4.1 Permanenti Strutturali

La valutazione dei carichi permanenti strutturali in acciaio è condotta mediante l'ausilio del software di calcolo SAP2000 v17 impostando come densità del materiale  $\rho=7850+ 9\%$   $\text{kg/m}^3$ , in modo da poter tenere in conto anche del peso dovuto alla presenza di giunti, fazzoletti, bulloni.

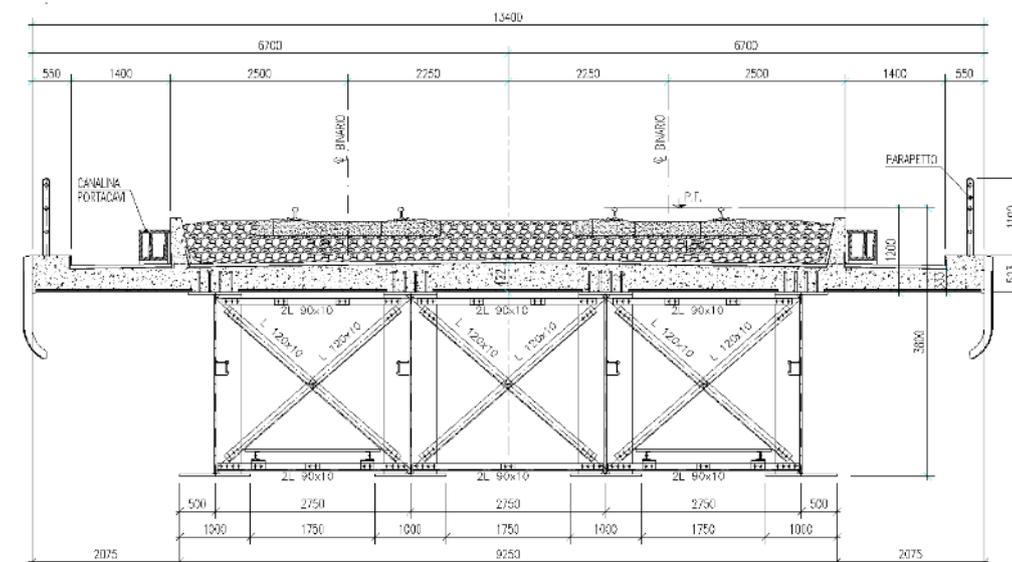
L'effetto di tali carichi sarà indicato nel seguito con  $G_s$ .

Il peso proprio della soletta è invece valutato come carico uniformemente distribuito sulle travi calcolate in base all'area di influenza della singola trave, considerando il momento torcente dovuto allo sbalzo della soletta sulle travi di bordo.

	Getto Soletta			
	A	b	f	m
	$\text{m}^2$	m	<b>kN/m</b>	<b>kNm/m</b>
Trave 1	1.3954	0.547	<b>34.88</b>	<b>19.08</b>
Trave 2	1.1040	0	<b>27.60</b>	<b>0.00</b>
Trave 3	1.1040	0	<b>27.60</b>	<b>0.00</b>
Trave 4	1.3954	0.547	<b>34.88</b>	<b>19.08</b>

## 4.2 Permanenti Portati

Come mostrato nella figura seguente



la sezione trasversale del ponte prevede l'alloggiamento di due binari ad interasse 4.5 m con armamento su ballast (si considera una densità maggiorata poiché il tracciato è in curva). Nei corridoi laterali si dispone una canaletta passacavi. I relativi carichi sono riportati nella tabella seguente:

	kN/m
Ballast	144.32
paraballast	6.70
Canaletta (+ cavi)	6.00
Barriere	32
Cordoli	5.22
Camminamento	8.52
<b>Totale</b>	<b>202.77</b>

L'effetto di tali carichi sarà indicato nel seguito con  $G_p$ . Questi saranno applicati al modello come carichi sulla soletta in calcestruzzo.

### 4.3 Vento

L'azione del vento agente sulla struttura in direzione trasversale è valutata secondo quanto previsto in NTC 2008. In favore di sicurezza si considera anche l'azione del vento nella direzione verticale ed il suo conseguente effetto torcente sull'impalcato.

Zona	1		Tab. 3.3.I
as	53	m	
vb0	25	m/s	
a0	1000	m	
ks	0.01	1/s	
vb	25	as<a0	Par. 3.3.1
qb	390.625	N/m <sup>2</sup>	Par. 3.3.4
Cl. Rugosità	D		Tab. 3.3.III
Cat. Expo	II		
kr	0.19		Tab. 3.3.II
z0	0.05	m	
zmin	4	m	
z	8	m	
ct	1		
ce	2.21		(3.3.5)
cp	1		3.3.4
cd	1		3.3.8
p	864.19	N/m <sup>2</sup>	(3.3.2)
	0.86	kN/m <sup>2</sup>	

L'azione orizzontale è applicata interamente ai nodi di bordo della soletta, mentre l'effetto torcente dovuto al disassamento tra il punto di applicazione del carico ed il baricentro della soletta è dato come coppia torcente ripartita sulle travi.

### Vento Y

Luce	40	m	
Htr	2.6	m	altezza trave
Hsol	0.38	m	altezza soletta
Hpf	1.2		distanza PF estradosso trave
Hi	4.60	m	altezza ingombro dal PF
Htot=Hi+Hpf	5.80	m	altezza totale
br	2.71	m	braccio tra baricentro soletta e baricentro forza del vento

### Carichi distribuiti

ftr	6.50	kN/m	forza orizzontale sulle travi
fs	14.50	kN/m	forza orizzontale sulla soletta
Mt	39.30	kNm/m	momento torcente sull'impalcato

### Vento Z - EC

b	13.4	m	
dtot	13.00	m	tab. 8.1 pag. 90
b/dtot	1.03		
cfz	0.75		par. 8.3.3 pag. 91
Fz	0.65	kN/m <sup>2</sup>	pressione uniforme sull'impalcato
e	3.35	m	eccentricità
Mz	29.10	kNm/m	momento torcente

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 14 di 121

#### 4.4 Temperatura

Gli effetti termici sono suddivisi in una variazione uniforme di temperatura agente su tutti gli elementi strutturali. Il valore di variazione termica assunta è:

$$\Delta T = \pm 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Secondo quanto prescritto dalla normativa vigente si considera anche un gradiente termico agente tra estradosso e intradosso dell'impalcato pari a  $\pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

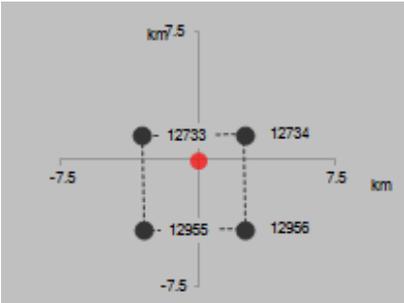
In questo caso, come consentito dalla normativa, si introduce una variazione di temperatura uniforme agente esclusivamente nella soletta e pari a  $\pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Tali effetti sono indicati con  $T_{unif}$  e  $T_{grad}$ , rispettivamente. L'effetto globale della temperatura sarà invece indicato genericamente con  $T$ .

#### 4.5 Azione sismica

L'analisi dell'azione sismica è condotta mediante l'ausilio degli spettri di risposta calcolati secondo la normativa NTC 2008.

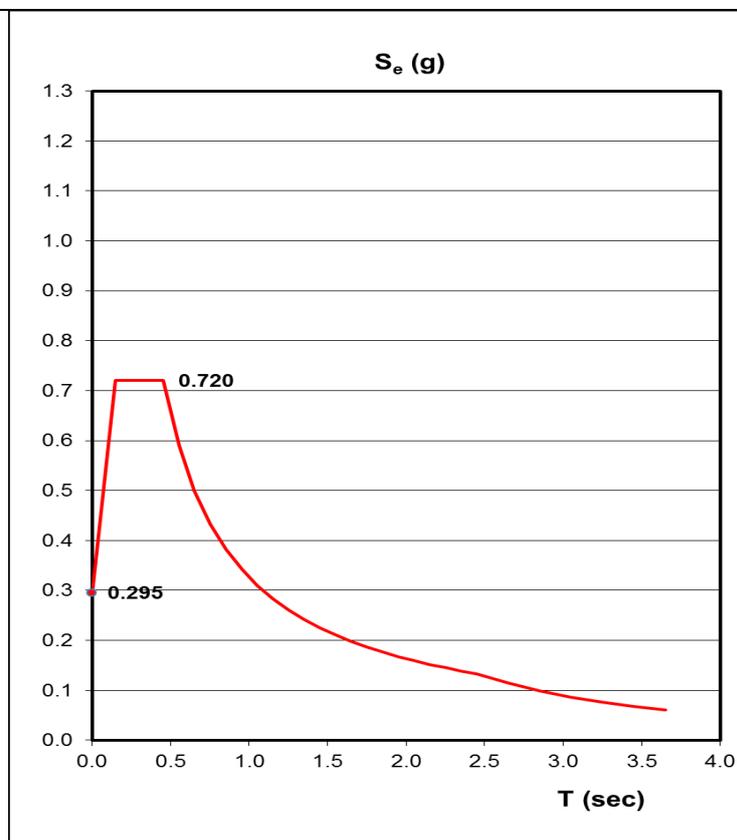
Per l'individuazione dell'azione sismica di progetto si è fatto riferimento alla relazione sismica 00DI2RH000000001A. Lo spettro di risposta è stato calcolato per il sito con le seguenti coordinate.

ID	Progressive di riferimento	Latitudine	Longitudine	Punti della griglia adiacenti (da Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLP, 2009)
13	20+000	45.400787	11.253210	

Per il calcolo dello spettro di progetto si è utilizzato il foglio di calcolo Spettri-NTCver. 1.03, messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (<http://www.cslp.it>). I valori di input sono riportati di seguito.

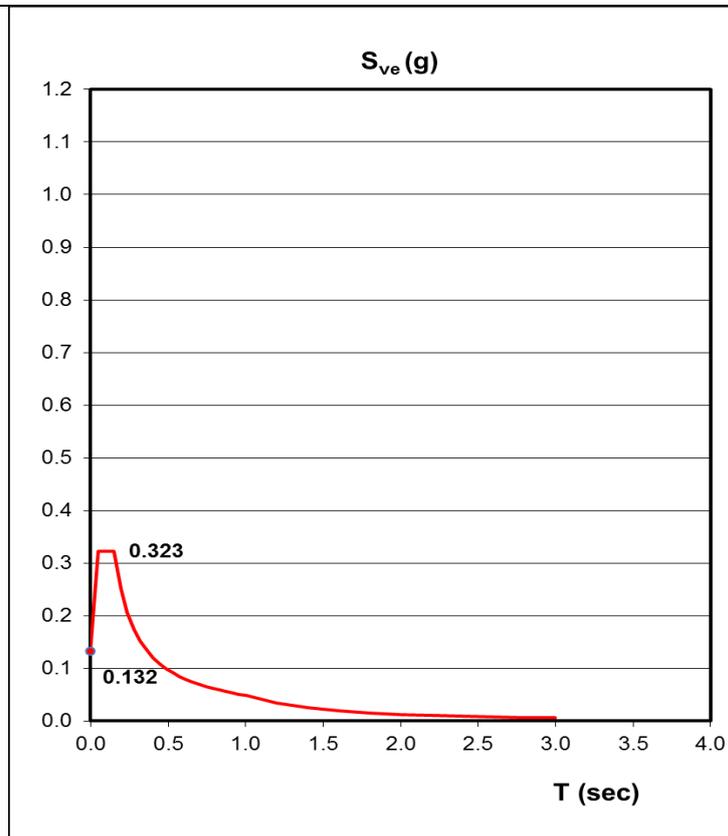
Gli spettri elastici per la direzione orizzontale e verticale sono mostrati nelle figure sottostanti.

**Spettro di risposta elastico orizzontale**



0.000	0.362
0.222	0.880
0.666	0.880
0.755	0.776
0.844	0.694
0.933	0.628
1.022	0.573
1.111	0.527
1.200	0.488
1.289	0.455
1.378	0.425
1.467	0.399
1.556	0.377
1.645	0.356
1.734	0.338
1.823	0.321
1.912	0.306
2.001	0.293
2.090	0.280
2.179	0.269
2.268	0.258
2.357	0.249
2.446	0.240
2.535	0.231
2.605	0.219
2.674	0.208
2.744	0.197
2.814	0.188
2.884	0.179
2.953	0.170
3.023	0.162
3.093	0.155
3.163	0.148
3.233	0.142
3.302	0.136
3.372	0.131
3.442	0.125
3.512	0.120
3.581	0.116
3.651	0.111
3.721	0.107
3.791	0.103
3.860	0.100
3.930	0.096
4.000	0.093

**Spettro di risposta elastico verticale**



0.000	0.153
0.050	0.247
0.150	0.247
0.235	0.158
0.320	0.116
0.405	0.092
0.490	0.076
0.575	0.065
0.660	0.056
0.745	0.050
0.830	0.045
0.915	0.041
1.000	0.037
1.094	0.031
1.188	0.026
1.281	0.023
1.375	0.020
1.469	0.017
1.563	0.015
1.656	0.014
1.750	0.012
1.844	0.011
1.938	0.010
2.031	0.009
2.125	0.008
2.219	0.008
2.313	0.007
2.406	0.006
2.500	0.006
2.594	0.006
2.688	0.005
2.781	0.005
2.875	0.004
2.969	0.004
3.063	0.004
3.156	0.004
3.250	0.004
3.344	0.003
3.438	0.003
3.531	0.003
3.625	0.003
3.719	0.003
3.813	0.003
3.906	0.002
4.000	0.002

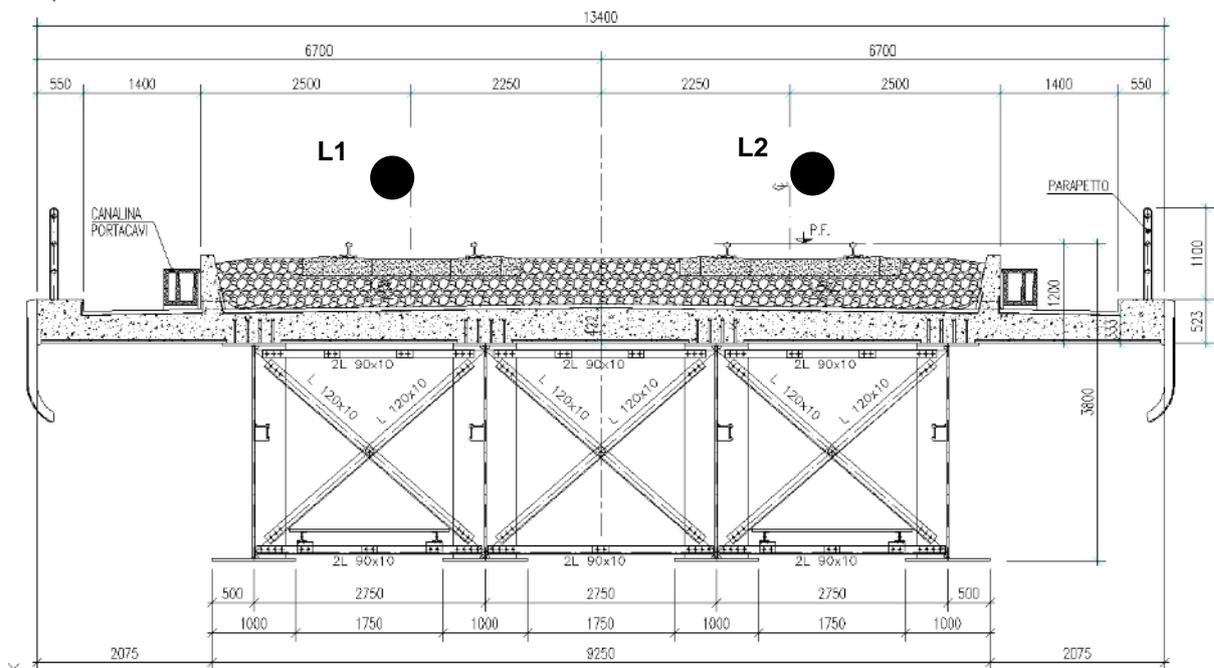
L'azione sismica sarà quindi considerata agente separatamente nella direzione degli assi del sistema di riferimento X,Y,Z.

Lo spettro orizzontale è adottato per valutare l'azione sismica nel piano orizzontale ( $E_x$ ,  $E_y$ ), mentre lo spettro verticale per l'analisi dell'azione sismica lungo Z ( $E_z$ ).

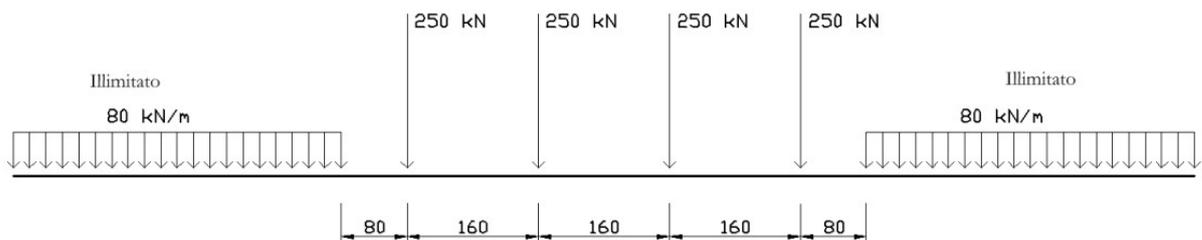
#### 4.6 Azione da traffico – Carichi verticali

L'azione da traffico ferroviario è valutata applicando quanto prescritto dalla specifica RFI. Trattandosi di ponte a campata unica, i modelli di carico considerati per le azioni verticali sono i modelli LM71 e SW/2.

L'azione dei convogli sarà applicata al modello in corrispondenza dei due binari, indicati nella figura seguente con L1 ed L2.



#### Treno di carico tipo LM71



$$Q_{vk} = 250 \text{ kN} \quad q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$$

Il modello di carico LM71 è rappresentato nella figura soprastante. I valori caratteristici dei carichi devono essere incrementati del coefficiente  $\alpha = 1.1$ . Deve anche essere applicato il coefficiente di incremento dinamico  $\Phi_2$ , che, sendo assunto per la linea ferroviaria in esame un elevato standard di manutenzione, secondo la formula:

$$\Phi_2 = \frac{1.44}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.82$$

Per gli effetti globali, in accordo con la tabella 1.4.2.5.3-1, trattandosi di un impalcato semplicemente appoggiato la lunghezza caratteristica è pari all'interasse appoggi

$$L_\Phi = L = 38 \text{ m}$$

per cui il coefficiente di incremento dinamico assume il valore  $\Phi_2 = 1.06$ .

Per questo modello di carico è prevista anche una eccentricità rispetto all'asse del binario, che risulta essere la somma di tre effetti:

**Eccentricità Accidentale - LM71**

s	1435	mm	
	18		
e <sub>1</sub>	79.72	mm	+/-

**Eccentricità da sovrizzo**

vmax	250	km/h	
Rmin	3200	m	
hsop	132.69	mm	
h1	1800	mm	punto di applicazione del carico del convoglio
alfa	0.09	rad	5.28 deg
e <sub>2</sub>	165.73	mm	verso l'interno curva

**Eccentricità da tracciato**

L                    40 m

$e_3$                 62.5 mm    verso esterno curva

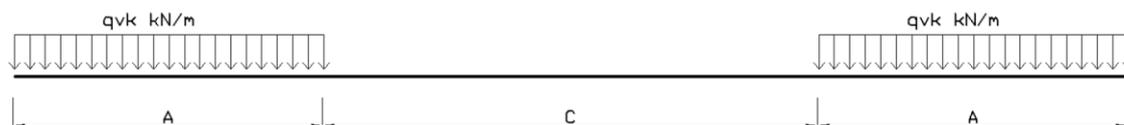
**Massima eccentricità verso esterno**

-23.5 mm

**Massima eccentricità verso interno**

182.9 mm

**Treno di carico tipo SW/2**



Il modello di carico SW/2 è rappresentato nella figura soprastante. I valori caratteristici del modello sono di seguito riportati

$$q_{vk} = 150 \text{ kN/m}$$

$$A = 25 \text{ m}$$

$$C = 7 \text{ m}$$

Il valore  $q_{vk}$  deve essere incrementato del coefficiente  $\alpha = 1.0$ . Deve anche essere applicato il coefficiente di incremento dinamico  $\Phi_2$ , precedentemente descritto.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 20 di 121

## TRENO SCARICO

Al fine di massimizzare gli effetti torcenti e dell'azione laterale sull'impalcato si considera anche il modello di treno scarico che prevede semplicemente il passaggio di una stesa di carico illimitata pari a 10 kN/m.

## MARCIAPIEDI

La sezione trasversale dell'impalcato è provvista di due passaggi laterali, il cui utilizzo è destinato al solo transito di mezzi autorizzati. Questa azione è schematizzata con un carico uniformemente ripartito da 10 kN/m, non concomitante con il passaggio dei convogli.

### 4.7 Azione da traffico – Carichi orizzontali

Il passaggio dei convogli sull'impalcato genera degli effetti anche nel piano orizzontale. Questi sono determinati dalle azioni di frenatura dei treni e dalla forza centrifuga conseguente all'andamento non rettilineo del tracciato. Si considera inoltre l'effetto dovuto al serpeggio.

#### 4.7.1 Centrifuga

Il valore di questo effetto dipende dalla geometri del tracciato e dalla velocità di percorrenza della linea. Tali valori sono riportati nella tabella seguente:

Rmin	3200 m	
Vmax	250 km/h	(LM71)
Vmax	100 km/h	(SW/2)

l 40 m

Da questi valori è possibile definire il fattore di riduzione  $f$  secondo la relazione:

$$f = \left[ 1 - \frac{V-120}{1000} \left( \frac{814}{V} + 1,75 \right) \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_r}} \right) \right]$$

E di conseguenza i carichi della forza centrifuga sono dati dalla relazione

$$Q_{ik} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot Q_{vk})$$

$$q_{ik} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot q_{vk})$$

Per la struttura in esame il fattore di riduzione assume il valore:

$$f = 0.41 \quad \text{per il convoglio LM71}$$

$$f = 1 \quad \text{per il convoglio SW/2}$$

L'azione centrifuga così determinata viene applicata all'impalcato come un carico uniforme  $q_{tk}$ . Inoltre, poiché la forza centrifuga si considera applicata a quota  $h=1.8$  m dal piano ferro, ad essa si associa anche un momento torcente per unità di lunghezza  $m_k$  applicato come una coppia equivalente di forze uniformemente distribuite sulle travi.

LM71	
$q_{tk}$	$m_k$
kN/m	kNm/m
8.42	23.47

SW/2	
$q_{tk}$	$m_k$
kN/m	kNm/m
4.61	12.87

Questi carichi sono considerati concomitanti con il relativo convoglio, ma non sono amplificati né di  $\alpha$  né di  $\Phi_2$ .

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 22 di 121

#### 4.7.2 Avviamento / Frenatura

Gli effetti di avviamento e frenatura sono di seguito riportate:

##### Avviamento

I		40	m		
Q		1320	kN	<1000	1000 kN   <b>LM71, SW/2</b>

##### Frenatura

800	kN	<6000	800	kN	<b>LM71</b>
1400	kN		1400	kN	<b>SW/2</b>

Tali azioni sono applicate alla quota del piano ferro pertanto trasmettono all'impalcato non solo un carico distribuito ma anche un momento. Questi sono applicati ai nodi della soletta in corrispondenza dei binari.

I valori caratteristici di queste azioni orizzontali sono incrementati del relativo coefficiente  $\alpha$ .

  <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 23 di 121

#### 4.7.3 Serpeggio

Il fenomeno del serpeggio consiste in un carico concentrato da 100 kN. Questo carico si considera applicato ai nodi del piano della soletta, con una diffusione a 45°, per cui l'azione concentrata verrà applicata al modello come un carico distribuito più una coppia torcente dovuta alla distanza tra il PF ed il piano della soletta.

Tale distanza è pari a:

$$b = 0.97 \quad m$$

La forza concentrata sarà quindi distribuita su un'alunghezza di

$$l_{eff} = 1.94 \quad m$$

Il carico e la coppia distribuiti da applicare al modello sono

$$p = 51.55 \quad kN/m$$

$$m = 50.00 \quad kNm/m$$

Queste azioni sono incrementate del coefficiente  $\alpha$  ma non di  $\Phi_2$

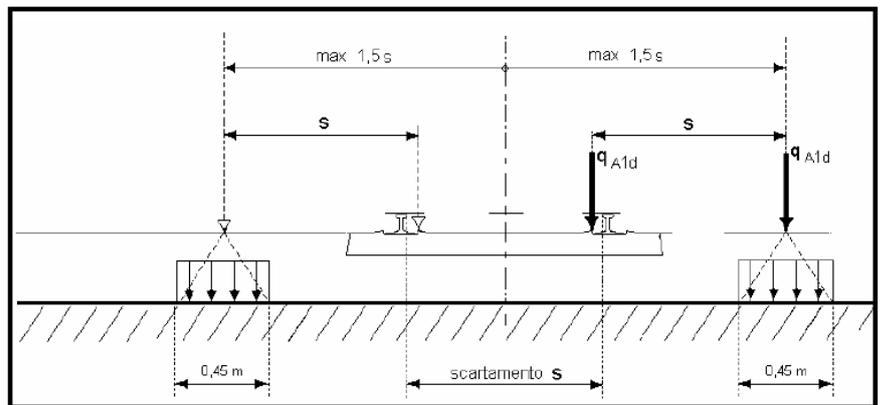
#### 4.8 Azione da traffico – Carichi eccezionali

Si considera come azione eccezionale la possibilità di deragliamento del locomotore (o carro pesante) al di sopra dell'impalcato. Si esaminano i due casi seguenti separatamente.

##### Caso 1

$q_{A1d}$             60 kN/m  
 $l_{eff}$              6.4 m  
 $l_{trasv}$           0.77 m

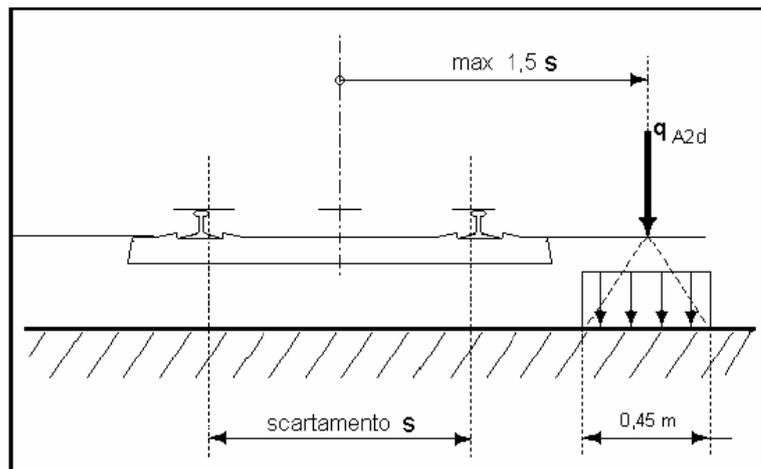
Pressione equivalente  
 $p$                 77.92 kN/m<sup>2</sup>



##### Caso 2

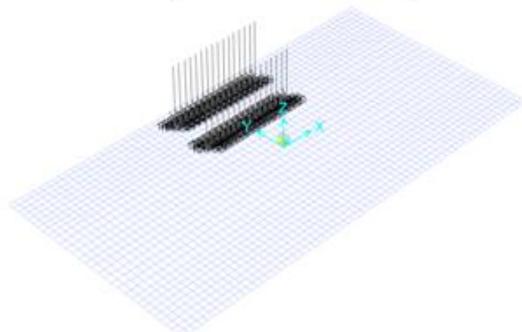
$q_{A2d}$             112 kN/m  
 $l_{eff}$              20 m  
 $l_{trasv}$           0.77 m

Pressione equivalente  
 $p_{eq}$             145.45 kN/m<sup>2</sup>

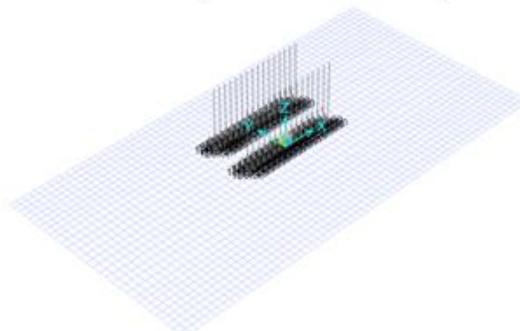


Di seguito si illustra la modalità di applicazione dei carichi di svio sul modello. Sono stati assegnati come carichi superficiali di piastra.

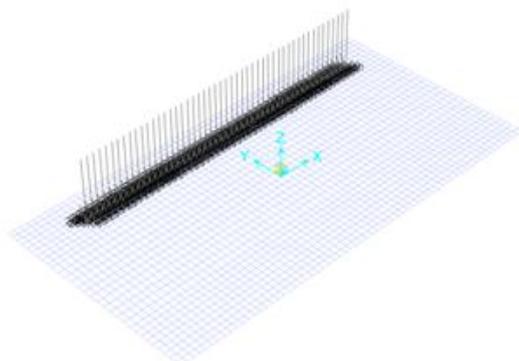
Caso 1 - svio esterno



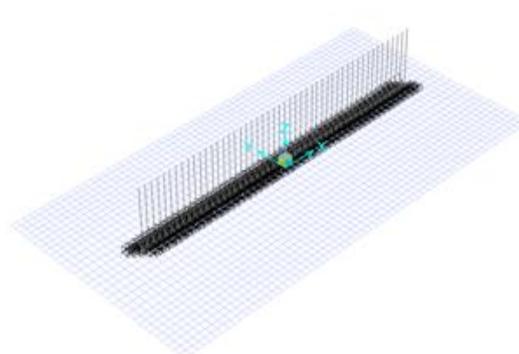
Caso 1 - svio interno



Caso 2 - svio esterno



Caso 2 - svio interno



 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	Pag.
	IN0D00DI2CLVI0007013A	26 di 121

## 4.9 Azione a lungo termine

Si considerano come effetti a lungo termine le azioni dovute al ritiro e alla viscosità del calcestruzzo in soletta. I due stati di sollecitazione sono stati valutati in maniera diversa; il primo è stato assegnato al modello di calcolo con un delta termico equivalente, il secondo con un abbattimento del modulo elastico del calcestruzzo.

### 4.9.1 Ritiro

#### Dati di input:

Età in giorni al momento considerato	t =	10000000.00	gg
Età in giorni dall'inizio dell'essiccamento (fine maturazione)	t <sub>s</sub> =	0	gg
Umidità relativa in percentuale	RH =	60	%

#### Ritiro per essiccamento, $\varepsilon_{cd}$

#### Parametri e calcolo:

Dimensione fittizia dell'elemento	$h_0 =$	670.1	mm
Coefficiente	$\beta_{ds}(t, t_s) = (t - t_s) / [(t - t_s) + 0.04 * (h_0^3)^{0.5}] =$	1.0	
Coefficiente che dipende da $h_0$	$K_h =$	0.7	
Resistenza media del cls	$f_{cm} =$	40	MPa
Resistenza di riferimento	$f_{cm0} =$	10	MPa
Coefficienti dipendenti dal tipo di cls	$\alpha_{ds1} =$	4	
	$\alpha_{ds2} =$	0.12	
Coefficiente dipendente dall'umidità relativa	$\beta_{RH} =$	1.22	
Deformazione di base dovuta al ritiro per essiccamento	$\varepsilon_{cd0} =$	0.00042184	
<b>Deformazione totale da ritiro</b>	<b><math>\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) * K_h * \varepsilon_{cd0} =</math></b>	<b>0.00029527</b>	

Dove:

$$\varepsilon_{cd0} = 0.85 * [(220 + 110 * \alpha_{ds1}) * e^{(-\alpha_{ds2} * (f_{cm}/10))} * 10^{-6}] * \beta_{RH}$$

$$b_{RH} = 1.55 [1 - (RH/100)^3]$$

**Ritiro autogeno,  $\varepsilon_{ca}(t)$**

Parametri e calcolo:

Coefficiente per il calcolo ritiro autogeno	$\beta_{sa}(t) = 1 - e^{(-0.2 \cdot t^{0.5})} =$	1
<b>Deformazione da ritiro al tempo t</b>	$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{sa}(t) \cdot \varepsilon_{ca}(\infty) =$	<b>0.000055</b>
Deformazione da ritiro autogeno a tempo infinito	$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2.5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} =$	0.000055

**Ritiro totale**  $\varepsilon_{cs}(t) = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} =$  **0.00035027**

Area della sezione trasversale di calcestruzzo	$A_c =$	4.559 m <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E =$	33345764
	$EL =$	8987439
	$F =$	14352 kN
		9.4405307 gradi

**4.9.2 Viscosità**

Dati di input:

Resistenza caratteristica cilindrica del cls	$f_{ck} =$	32 MPa
Età cls in giorni	$t =$	10000000 gg
Età cls al momento dell'applicazione del carico (giorni)	$t_0 =$	3.4 gg
Umidità relativa in percentuale	$RH =$	60 %

Parametri e calcolo:

Classe del cls utilizzato		Classe N
Coeff che tiene conto dell'umidità relativa	$\varphi_{RH} =$	1.41
Area della sezione trasversale di calcestruzzo	$A_c =$	4959000 mm <sup>2</sup>
Perimetro della parte di sezione trasversale esposta all'aria	$u =$	14800 mm
Dimensione fittizia dell'elemento	$h_0 =$	670.1351 mm
Resistenza media del cls	$f_{cm} =$	40 MPa
Coeff. effetto resistenza cls	$\beta(f_{cm}) = 16.8 / (f_{cm}^{0.5}) =$	2.656313
Età cls al momento dell'applicazione del carico corretta	$t'_0 =$	3 gg

NO

Considerare gli effetti della temperatura?

Temperatura in gradi centigradi durante il periodo  $\Delta t_i$   $T(\Delta t_i) = 20 \text{ C}^\circ$

Numero di giorni in cui risultava prevalente la T  $\Delta t_i = 7 \text{ gg}$

Età cls al momento dell'applicazione del carico corretta con T°  $t_{0,T} = 7 \text{ gg}$

Coefficienti che considerano la resistenza del cls  $\alpha_1 = (35/f_{cm})^{0.7} = 0.91$

$\alpha_2 = (35/f_{cm})^{0.2} = 0.97$

$\alpha_3 = (35/f_{cm})^{0.5} = 0.94$

Coeff dipendente da RH e  $h_0$   $\beta_H = 1241.8$

$\beta_c(t, t_0) = [(t-t_0)/(\beta_H+t-t_0)]^{0.3} = 1.00$

Coeff per l'effetto dell'età del cls all'applicazione del carico  $\beta(t_0) = 0.73$

Coefficiente nominale di viscosità  $\varphi_0 = \varphi_{RH} * \beta(f_{cm}) * \beta(t_0) = 2.71$

**Coefficiente di viscosità**  $\varphi(t, t_0) = \varphi_0 * \beta_c(t, t_0) = 2.71$

Si raccomanda l'uso del modulo elastico tangente  $E_c$ .

## 5 COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Le azioni considerate sono di seguito riassunte:

Carichi permanenti	$G = G_s + G_p$
Temperatura	T
Vento	V
Sisma	E(Ex, Ey, Ez)
Carico verticale LM71	LM71
Carico verticale SW/2	SW/2
Treno scarico	Ts
Marciapiedi	Mp
Centrifuga LM71	C <sub>71</sub>
Centrifuga SW/2	C <sub>SW</sub>
Avviamento	Avv
Frenatura LM71	F <sub>71</sub>
Frenatura SW/2	F <sub>SW</sub>
Serpeggio	Serp
Carichi eccezionali	Svio

### 5.1 Gruppi di carico

L'azione da traffico deve considerare la concomitanza delle diverse tipologie di convoglio ed effetti associati, a tal fine si introducono i seguenti gruppi di carico:

	LM71	SW/2	Ts	Mr	C <sub>71</sub>	C <sub>SW</sub>	Avv	F <sub>71</sub>	F <sub>SW</sub>	Serp
Gr1	Gr11		binario 1						binario 1	binario 1
	Gr12	binario 1			binario 1			binario 1		binario 1
	Gr13	binario 2	binario 1		binario 2	binario 1	binario 2		binario 1	binario 1,2
	Gr14	binario 1,2			binario 1,2		binario 2	binario 1		binario 1,2
	Gr15			binario 1,2						
Gr2	Gr2		binario 1		binario 1					binario 1
Gr3	Gr31		binario 1			binario 1			binario 1	binario 1
	Gr32	binario 1			binario 1			binario 1		binario 1
	Gr33	binario 2	binario 1		binario 2	binario 1	binario 2		binario 1	binario 1,2
	Gr34	binario 1,2			binario 1,2		binario 2	binario 1		binario 1,2
	Gr35			binario 1,2						

Le singole azioni dei gruppi Gr1, Gr2 e Gr3, sono combinate all'interno dei sottogruppi secondo i coefficienti della tabella sottostante

Tabella 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

■ Azione dominante  
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc...)  
 (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

L'effetto globale dei gruppi così definiti sarà indicato con **Traff-Inv**.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 31 di 121

## 5.2 Combinazioni di carico

### Combinazioni allo stato limite ultime SLU

	G	Traff-Inv	T	V	Ex	Ey	Ez	Svio
SLU-TRAFF	1.35	1.45	0.9	0.9	0	0	0	0
SLU-TEMP	1.35	1.16	1.5	0.9	0	0	0	0
SLU-VENTO	1.35	0	0.9	1.5	0	0	0	0
SLU-Sx	1	0.2	0.5	0	1	0.3	0.3	0
SLU-Sy	1	0.2	0.5	0	0.3	1	0.3	0
SLU-Sz	1	0.2	0.5	0	0.3	0.3	1	0
SLU-Svio	1	0	0.5	0	0	0	0	1

### Combinazioni allo stato limite di esercizio

	G	Traff-Inv	T	V
SLE-CAR-1	1	1	0.6	0.6
SLE-CAR-2	1	0.8	1	0.6
SLE-CAR-3	1	0	0.6	1

### Combinazioni allo stato limite di fatica

Lo stato limite di fatica è valutato attraverso il metodo dei coefficienti  $\lambda$ , per cui le sollecitazioni sono derivate direttamente dall'effetto del passaggio del modello di carico LM71 incrementato di  $\alpha$  e  $\Phi_2$ .

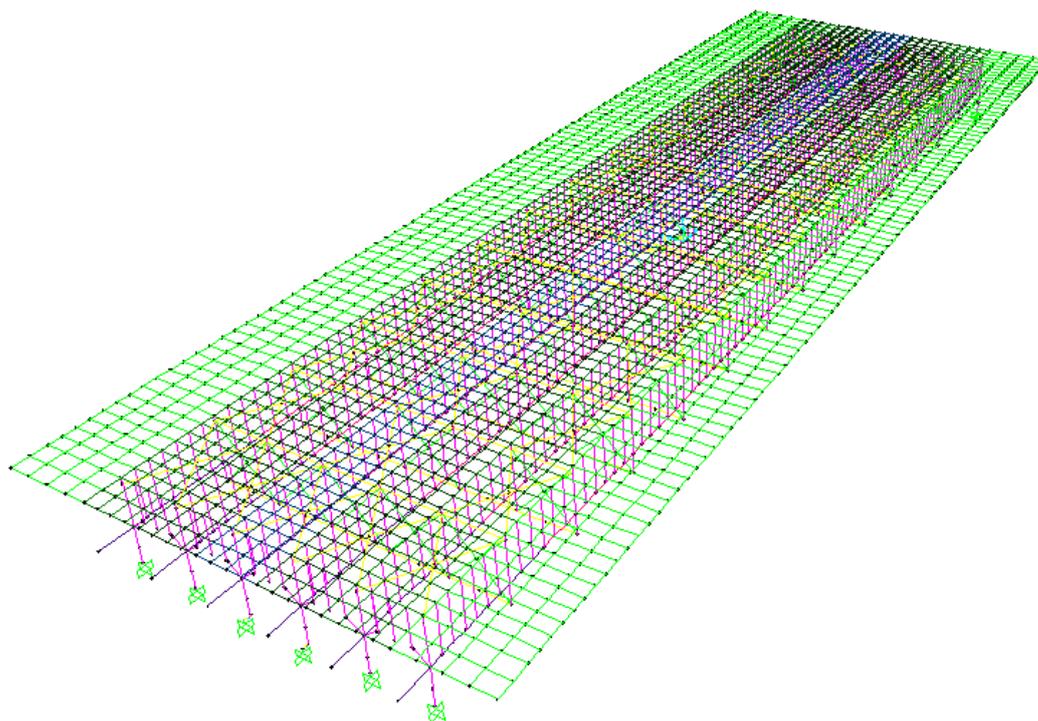
## 6 MODELLO DI CALCOLO

La struttura è risolta mediante metodo di calcolo automatico attraverso l'impiego del software Sap2000 v14.

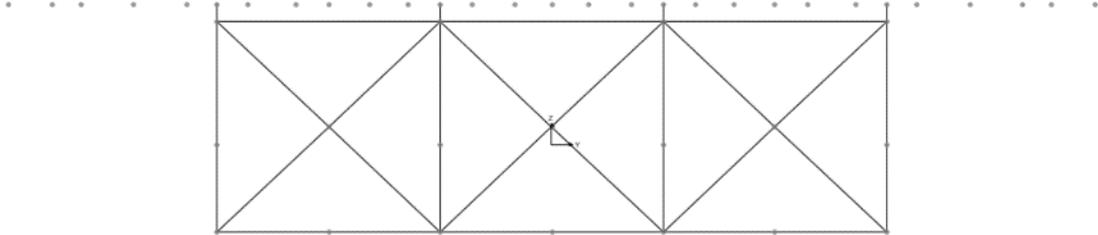
La struttura è rappresentata da un modello tridimensionale, in cui si sono considerati tutti gli elementi strutturali opportunamente modellati. Il comportamento a piastra della soletta di calcestruzzo è stato considerato con degli elementi bidimensionali mentre le travi sono state schematizzate tramite elementi frame. Le connessioni, invece, tra i nodi delle travi con quelli della soletta vengono rappresentate mediante link rigidi per permettere il trasferimento degli sforzi tra i due elementi resistenti. Si è prestata attenzione a discretizzare gli elementi shell in corrispondenza dei punti in cui è prevista una discontinuità sia di carico che geometrica. I controventi di piano e le aste dei trasversi sono state considerate incernierate alle estremità. Infine per tener conto degli effetti a lungo termine dovuti alla viscosità, le sollecitazioni dovute ai carichi permanenti portati sono state valutate con un modulo elastico della soletta ridotto di  $(1+\phi)$ .

### 6.1 Modello agli elementi finiti (EF)

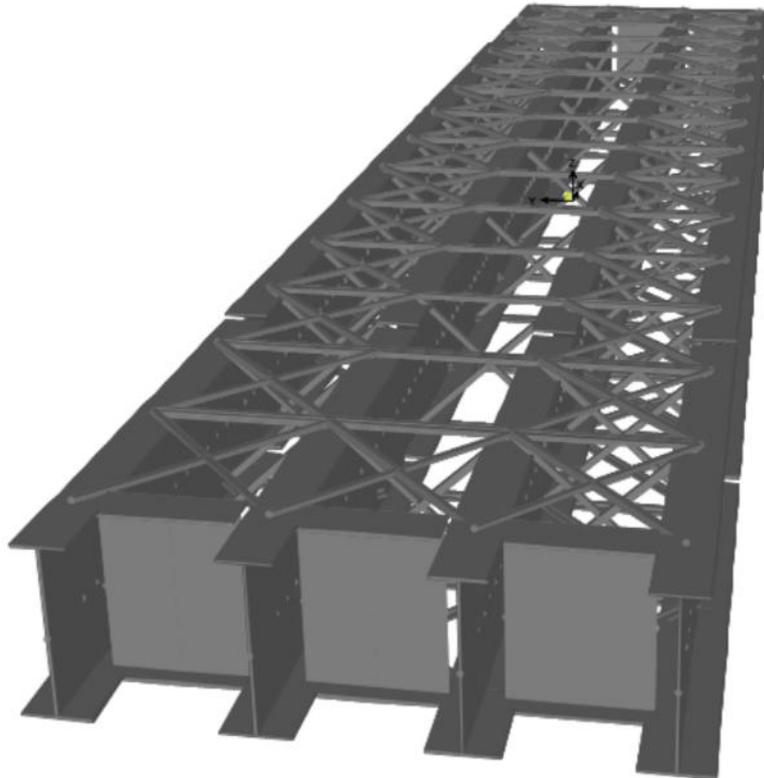
Vista 3D



Vista Sezione Trasversale



Vista Estrusa Carpenteria Metallica



## 6.2 Sezioni elementi monodimensionali

Di seguito si riportano le sezioni adottate per gli elementi monodimensionali (dimensioni in metri).

### 6.2.1 Trave principale

#### Trave Appoggia

Dimensions		Section
Outside height ( t3 )	<input type="text" value="2.6"/>	
Top flange width ( t2 )	<input type="text" value="0.75"/>	
Top flange thickness ( tf )	<input type="text" value="0.03"/>	
Web thickness ( tw )	<input type="text" value="0.03"/>	
Bottom flange width ( t2b )	<input type="text" value="1."/>	
Bottom flange thickness ( tfb )	<input type="text" value="0.03"/>	

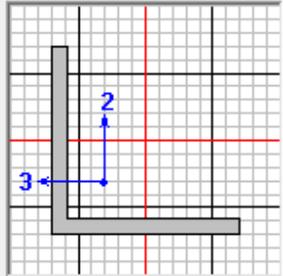
#### Trave Campata

Dimensions		Section
Outside height ( t3 )	<input type="text" value="2.6"/>	
Top flange width ( t2 )	<input type="text" value="0.75"/>	
Top flange thickness ( tf )	<input type="text" value="0.03"/>	
Web thickness ( tw )	<input type="text" value="0.018"/>	
Bottom flange width ( t2b )	<input type="text" value="1."/>	
Bottom flange thickness ( tfb )	<input type="text" value="0.04"/>	

### 6.2.2 Trasverso corrente

#### Diagonale

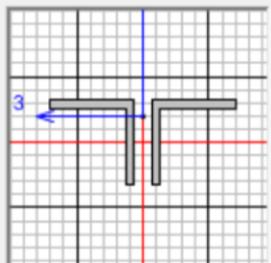
Dimensions	
Outside vertical leg ( t3 )	<input type="text" value="0.12"/>
Outside horizontal leg ( t2 )	<input type="text" value="0.12"/>
Horizontal leg thickness ( tf )	<input type="text" value="0.01"/>
Vertical leg thickness ( tw )	<input type="text" value="0.01"/>



Display Color

#### Corrente superiore/inferiore

Dimensions	
Outside depth ( t3 )	<input type="text" value="0.1"/>
Outside width ( t2 )	<input type="text" value="0.22"/>
Horizontal leg thickness ( tf )	<input type="text" value="0.01"/>
Vertical leg thickness ( tw )	<input type="text" value="0.01"/>
Back to back distance ( dis )	<input type="text" value="0.02"/>



Section

### 6.2.3 Trasverso di testata

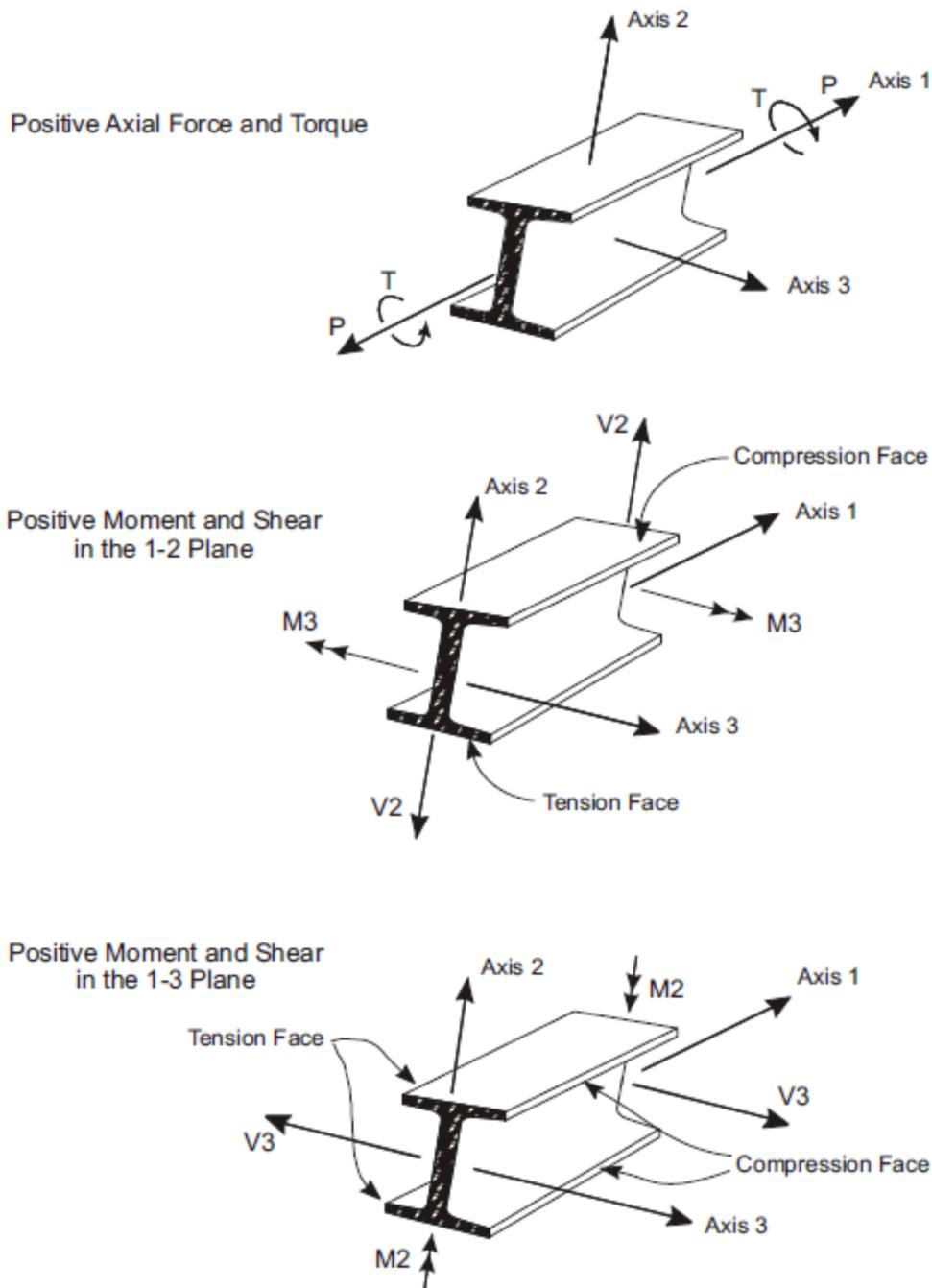
Dimensions	Section
Outside height ( t3 )	
Top flange width ( t2 )	
Top flange thickness ( tf )	
Web thickness ( tw )	
Bottom flange width ( t2b )	
Bottom flange thickness ( tfb )	
2.54	
0.6	
0.03	
0.03	
0.6	
0.03	

### 6.2.4 Controvento di piano

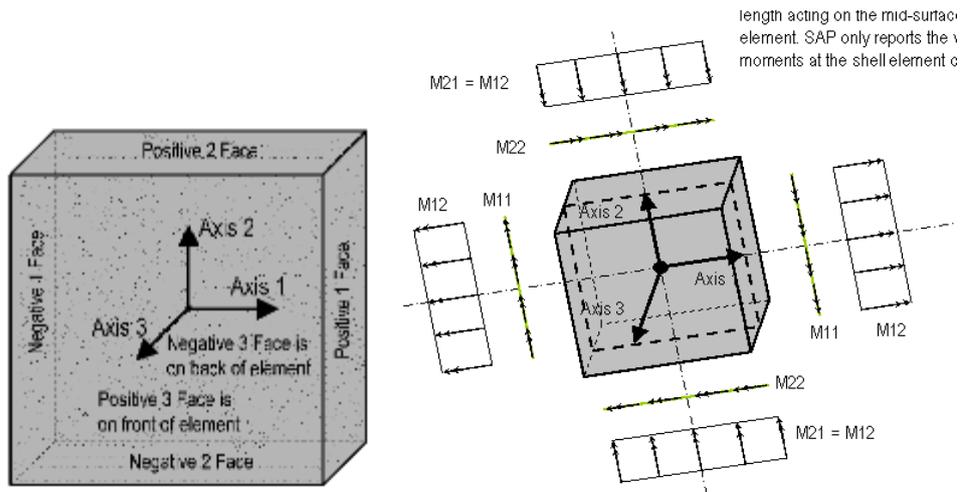
Dimensions	Section
Outside depth ( t3 )	
Outside width ( t2 )	
Horizontal leg thickness ( tf )	
Vertical leg thickness ( tw )	
Back to back distance ( dis )	
0.1	
0.2	
0.01	
0.01	
0.	

### 6.3 Convenzione dei segni

La figura sottostante rappresenta le convenzioni adottate per le sollecitazioni sugli elementi trave:



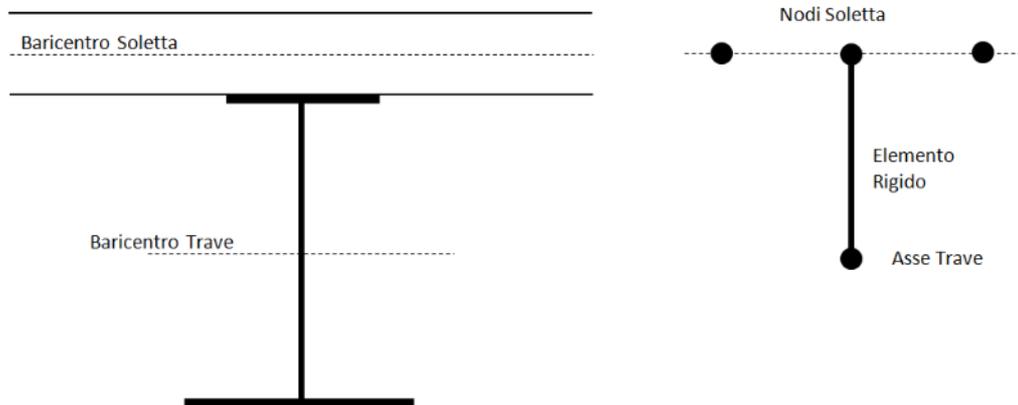
La figura sottostante rappresenta le convenzioni adottate per le sollecitazioni sugli elementi piastra:



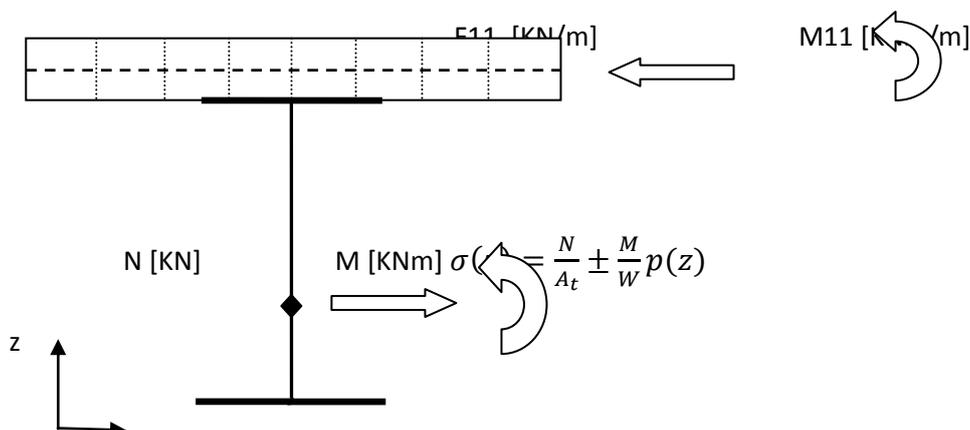
## 6.4 Metodologia di analisi e verifica

L'analisi strutturale è condotta schematizzando l'impalcato con un modello di calcolo tridimensionale costituito da elementi monodimensionali per travi, trasversi e controventi, mentre per la soletta si sono adottati elementi a piastra. Il collegamento trave-soletta è schematizzato tramite l'utilizzo di elementi rigidi disposti tra i nodi della trave e gli elementi di piastra corrispondenti.

### Sezione trasversale:

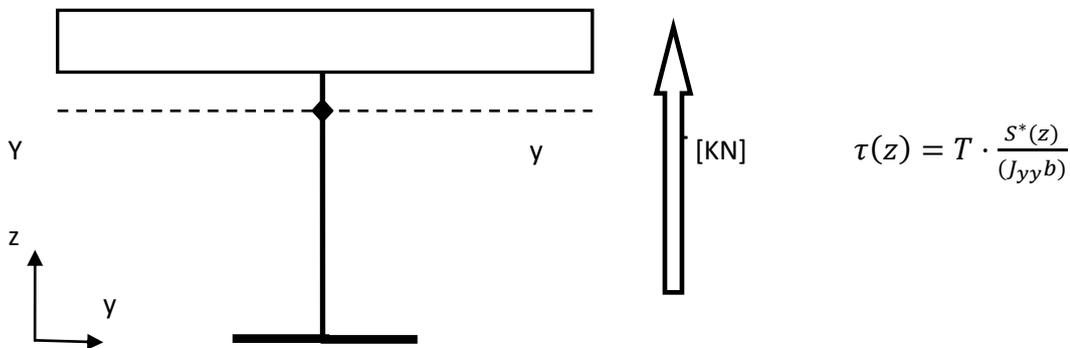


Tale schematizzazione assicura la congruenza delle deformazioni all'interfaccia trave-soletta, per cui si garantisce il funzionamento a sezione mista del sistema trave-soletta. Il calcolo delle tensioni ( $\sigma$ ) può essere effettuato considerando separatamente le sollecitazioni agenti sulla soletta e sulla trave, rispettivamente come indicato nella figura seguente:



Inoltre il livello di discretizzazione della soletta è tale da poter determinare in modo accurato lo stato di sollecitazione, e conseguentemente, la porzione di soletta effettivamente collaborante con la trave senza doverla determinare a priori.

Per la valutazione degli sforzi tangenziali ( $\tau$ ) è invece necessario considerare lo stato di sollecitazione tagliante agente globalmente sulla sezione composta trave-soletta.



In conclusione, la verifica tensionale sulla trave è condotta valutando la tensione ideale agente a differenti quote ( $z$ ) della sezione trasversale, utilizzando la formula seguente:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq f_d \quad ; \quad f_d = \frac{f_k}{\gamma}$$

Classificazione delle sezioni:

1) Sezione trave Appoggio:

	$f_{yd}$ [Mpa]=	338.0952		$\epsilon$ =	0.834		
	a1 [m] =	0.75	t1 [m] =	0.03			
	a2 [m] =	2.54	t2 [m] =	0.03		Htot =	2.6
	a3 [m] =	1	t3 [m] =	0.03			
	Yg [m] =	1.2251	A [m <sup>2</sup> ] =	0.1287		H [m] =	2.600
	Jxx [m <sup>4</sup> ] =	0.1269	Wst [m <sup>3</sup> ] =	0.0923		Wit [m <sup>3</sup> ]	
						=	0.1036
<b>Piatt. Sup.</b>	c =	0.360	c / t =	12.00	<b>Classe</b>	<b>4</b>	
<b>Piatt. Inf</b>	c =	0.485	c / t =	16.166667	<b>Classe</b>	<b>4</b>	
	$\delta$ =	1.425	Ypl =	1.175	$\alpha$ =	0.549	
<b>Anima</b>	c =	2.54	c / t =	84.67		<b>3</b>	
						$\psi$ =	-0.891
					<b>Classe</b>	<b>3</b>	

La piattabanda superiore è vincolata alla soletta per cui è in classe 1. La sezione è di classe 3.

2) Sezione trave Mezzeria:

	$f_{yd}$ [Mpa]=	338.0952		$\epsilon$ =	0.834		
	a1 [m] =	0.75	t1 [m] =	0.03			
	a2 [m] =	2.53	t2 [m] =	0.018		Htot =	2.6
	a3 [m] =	1	t3 [m] =	0.04			
	Yg [m] =	1.0958	A [m <sup>2</sup> ] =	0.1080		H [m] =	2.600
	Jxx [m <sup>4</sup> ] =	0.1225	Wst [m <sup>3</sup> ] =	0.0814		Wit [m <sup>3</sup> ]	0.1118

						=
<b>Piatt. Sup.</b>	c =	0.366	c / t =	12.20	<b>Classe</b>	<b>4</b>
<b>Piatt. Inf</b>	c =	0.491	c / t =	12.275	<b>Classe</b>	<b>4</b>
$\delta =$	1.781	$Y_{pl} =$	0.819	$\alpha =$	0.692	
<b>Anima</b>	c =	2.53	c / t =	140.56		3
						$\psi = -0.729$
					<b>Classe</b>	<b>4</b>

La piattabanda superiore è vincolata alla soletta per cui è in classe 1.

Nell'anima è stato previsto un irrigidente

Le sezioni sono analizzate attraverso il metodo elastico e si eseguono esclusivamente verifiche allo stato limite ultimo, da cui segue implicitamente il soddisfacimento degli stati limite di esercizio.

  <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 43 di 121

## 7 ANALISI DINAMICA

Nella presente sezione verrà illustrata la procedura adottata al fine di valutare il coefficiente di amplificazione dinamica delle sollecitazioni e degli spostamenti degli elementi strutturali calcolati assumendo un'applicazione statica dei treni di carico.

Per ottemperare a quanto richiesto dalle norme incluse nel DM 14.1.2008 e alle specifiche RFI (RFI DTC INC PO SP IFS 001 A 27122011): "SPECIFICA PER LA PROGETTAZIONE E L'ESECUZIONE DEI PONTI FERROVIARI E DI ALTRE OPERE MINORI SOTTO

BINARIO", tale coefficiente sarà valutato come segue:

1. Mediante la formula 5.2.6 della sezione 5.2.2.3.3 del DM2008 ("Effetti dinamici")
2. Mediante verifica semplificata delle condizioni di risonanza, come richiesto nelle specifiche RFI (Allegato 2)

Infine, sarà verificata la relazione 1.4.2.6.3 come richiesto nelle specifiche di cui sopra.

### 7.1 Coefficiente di amplificazione dinamica secondo dm2008

Il ponte ferroviario oggetto di verifica è relativo a linee ad alta velocità e alta capacità (A.V./A.C.), pertanto, per il calcolo del coefficiente  $\Phi$  si considera il caso di linee ad elevato standard manutentivo ( $\Phi = \Phi_2$ ) per le quali risulta:

$$\Phi_2 = \frac{1.44}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.82$$

con la limitazione  $1.00 \leq \Phi_2 \leq 1.67$ .

L'altezza della copertura dall'estradosso della struttura alla faccia superiore delle traverse, nel caso in esame, risulta  $h = 0.98 \text{ m} < 1.00$ , pertanto l'effettivo valore del coefficiente dinamico (pt. 5.2.8 DM2008) coincide con il valore calcolato di  $\Phi_2$ , senza ulteriore riduzione.

Verifica	Rif. Tab. 1.4.2.5.3.1	Punto	$L_\Phi$	$\Phi_2$
			m	-
Globale	luce travi principali	5.1	38	1.06
Trasversi	2 x interasse trasversi	1.3	5.4	1.50
Soletta trasversale	2 x luce libera soletta	4.1	5.4	1.50

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 44 di 121

### 7.1.1 Requisiti sulla frequenza flessionale

In aggiunta al calcolo del coefficiente di amplificazione dinamica, si riportano le richieste verifiche dei limiti imposti sulla prima frequenza flessionale della struttura a ponte.

Con apposito modello di calcolo agli elementi finiti (EF), messo a punto per la progettazione dell'opera in esame, è stata valutata una frequenza flessionale fondamentale (la più bassa) del ponte caricato con le azioni permanenti pari a  $n_{0,EF} = 2.776$  Hz. Per uno schema statico di trave in semplice appoggio, come previsto anche nelle specifiche RFI, la frequenza del primo modo flessionale può determinarsi in maniera diretta anche mediante la seguente formula:

$$n_0 = \frac{17.75}{\sqrt{\delta_0}} \text{ [Hz]}$$

dove  $\delta_0$  è l'abbassamento massimo (in mm) in mezzeria dell'impalcato dovuto all'azione della forza peso associata alle masse considerate nell'analisi modale.

Tale spostamento, vale  $\delta_0 = 38.97$  mm da cui ne consegue  $n_0 = 2.84$  Hz, all'incirca coincidente con la frequenza valutata con il modello di calcolo agli elementi finiti. Tale frequenza, risulta inoltre compresa nei limiti definiti in normativa  $n_{0,sup} = 6.2$  Hz e  $n_{0,inf} = 2.11$  Hz calcolati secondo quanto disposto al punto 1.4.2.4 della specifica RFI.

Pur rispettando tali limitazioni, si ritiene necessaria un'ulteriore analisi dinamica condotta secondo le specifiche RFI (pt. 1.4.2.6). Poiché la prima frequenza torsionale del ponte risulta  $n_{t,EF} = 4.65$  Hz, pari a 1.67 volte la frequenza del primo modo flessionale, risulta necessaria solo l'analisi dinamica del moto flessionale (in quanto il rapporto tra la frequenza torsionale e quella flessionale è superiore a 1.2); nonostante ciò, nel seguito è stata ulteriormente condotta l'analisi dinamica relativamente al moto torsionale dell'impalcato.

## 7.2 Coefficiente di amplificazione dinamica reale

In ottemperanza a quanto disposto nelle specifiche tecniche RFI, sono stati valutati i coefficienti di amplificazione dinamica come riportato al punto 1.4.2.5 delle suddette norme. Al fine di valutare il così detto coefficiente di amplificazione dinamica reale, è stata

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: <b>RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 45 di 121

condotta un'analisi dinamica secondo quanto suggerito al punto 1.4.2.6 e in conformità alla metodologia proposta nell'allegato 2 delle medesime specifiche RFI.

### 7.2.1 Ipotesi di modellazione

Le analisi semplificate per la verifica in condizione di risonanza proposte nel suddetto allegato, fanno esclusivamente riferimento a ponti a travata a campata singola, in semplice appoggio, o con schema statico a trave continua su più appoggi.

Il metodo di calcolo proposto nelle specifiche RFI prevede l'analisi della risposta dinamica mediante modello ridotto ad un grado di libertà deducibile dal modello continuo di trave in semplice appoggio (o su più campate) mediante proiezione delle equazioni del moto nella base modale definita dal solo primo modo di vibrare flessionale del trave. Analogamente, l'analisi della condizione di risonanza è richiesta anche in riferimento alla componente torsionale del moto del ponte per la quale è prevista analoga procedura adottata per la componente flessionale.

Pertanto, il primo passo da compiere al fine di condurre le suddette analisi dinamiche è quello di determinare il primo modo di vibrare flessionale e torsionale del ponte oggetto di verifica. A tale scopo, si è condotta un'analisi modale del modello agli elementi finiti implementato per la progettazione e le verifiche della struttura stessa, e di seguito se ne riportano i risultati più significativi.

### 7.2.2 Analisi modale

Nell'analisi modale condotta, si sono assunte collaboranti anche le masse dei carichi permanenti agenti sul ponte, come richiesto dalle specifiche RFI al fine di poter condurre le successive analisi dinamiche. In particolare le masse considerate nell'analisi modale fanno riferimento alla combinazione di carico "Carichi permanenti" definita nella sezione "COMBINAZIONE DELLE AZIONI").

Come riportato nella tabella seguente, in cui sono presentati i parametri notevoli dell'analisi modale, il numero di modi necessari da considerare al fine che nella struttura sia eccitato almeno l' 85% della massa traslazionale nelle direzioni X, Y e Z è pari a 100.

# Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:  
RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.  
IN0D00DI2CLVI0007013A

Pag.  
46 di 121

Modo	Periodo [s]	Frequenza [Hz]	Massa traslazionale partecipante direzione X (somma) [%]	Massa traslazionale partecipante direzione Y (somma) [%]	Massa traslazionale partecipante direzione Z (somma) [%]
1	0.360	2.776	6.30	0.00	70.58
2	0.215	4.649	6.30	2.72	70.58
3	0.133	7.494	6.30	79.32	70.58
4	0.122	8.190	63.38	79.32	72.81
5	0.100	9.995	63.38	79.39	72.81
6	0.092	10.862	91.59	79.39	73.36
7	0.076	13.199	91.59	79.41	73.36
8	0.075	13.339	91.80	79.41	74.90
9	0.073	13.674	93.10	79.41	78.39
10	0.069	14.453	93.11	79.41	78.39
11	0.069	14.467	93.47	79.41	78.42
12	0.067	15.009	93.53	79.41	78.43
13	0.067	15.020	93.53	79.41	78.43
14	0.067	15.020	93.54	79.41	78.43
15	0.067	15.025	93.54	79.41	78.43
16	0.067	15.027	93.54	79.41	78.43
17	0.067	15.028	93.54	79.41	78.43
18	0.067	15.029	93.54	79.41	78.43
19	0.067	15.029	93.54	79.41	78.43
20	0.067	15.029	93.54	79.41	78.43
21	0.067	15.030	93.54	79.41	78.43
22	0.067	15.030	93.54	79.41	78.43
23	0.067	15.030	93.54	79.41	78.43
24	0.067	15.030	93.54	79.41	78.43
25	0.067	15.030	93.54	79.41	78.43
26	0.067	15.030	93.54	79.41	78.43
27	0.067	15.030	93.54	79.41	78.43
28	0.067	15.030	93.54	79.41	78.43
29	0.067	15.030	93.54	79.41	78.43
30	0.067	15.030	93.54	79.41	78.43
31	0.066	15.064	93.56	79.41	78.43
32	0.064	15.511	93.56	79.41	78.43
33	0.064	15.631	93.56	79.41	78.89
34	0.062	16.147	96.26	79.41	78.93
35	0.059	16.960	96.26	79.41	78.93
36	0.058	17.175	96.39	79.41	78.93

# Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:  
RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.  
IN0D00DI2CLVI0007013A

Pag.  
47 di 121

37	0.057	17.423	96.39	79.41	79.00
38	0.057	17.424	96.39	79.41	79.00
39	0.057	17.424	96.39	79.41	79.00
40	0.057	17.425	96.39	79.41	79.00
41	0.057	17.425	96.39	79.41	79.00
42	0.057	17.427	96.39	79.41	79.01
43	0.055	18.059	96.39	79.41	79.01
44	0.055	18.061	96.40	79.41	79.05
45	0.055	18.063	96.40	79.41	79.05
46	0.055	18.077	96.41	79.41	79.05
47	0.053	18.710	96.41	79.42	79.05
48	0.053	18.795	96.42	79.42	79.05
49	0.053	19.037	96.42	79.51	79.05
50	0.052	19.257	96.42	79.65	79.05
51	0.048	20.716	96.42	79.65	79.05
52	0.048	20.776	96.42	79.65	79.05
53	0.044	22.519	96.42	79.66	79.05
54	0.044	22.936	96.46	79.66	79.24
55	0.044	22.963	96.46	79.66	79.24
56	0.042	23.890	97.01	79.66	84.34
57	0.039	25.432	97.01	79.66	84.34
58	0.039	25.441	97.01	79.66	84.34
59	0.039	25.815	97.01	79.66	84.34
60	0.039	25.815	97.01	79.66	84.34
61	0.039	25.816	97.01	79.66	84.34
62	0.039	25.817	97.01	79.66	84.34
63	0.039	25.817	97.01	79.66	84.34
64	0.039	25.820	97.01	79.66	84.34
65	0.037	26.705	97.01	79.66	84.34
66	0.037	26.746	97.01	79.66	84.34
67	0.037	26.754	97.01	79.66	84.34
68	0.037	26.759	97.01	79.66	84.35
69	0.037	26.760	97.01	79.66	84.35
70	0.037	26.762	97.01	79.66	84.35
71	0.037	26.763	97.01	79.66	84.35
72	0.037	26.764	97.01	79.66	84.35
73	0.037	26.764	97.01	79.66	84.35
74	0.037	26.764	97.01	79.66	84.35
75	0.037	26.764	97.01	79.66	84.35
76	0.037	26.764	97.01	79.66	84.35

# Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:  
RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.  
IN0D00DI2CLVI0007013A

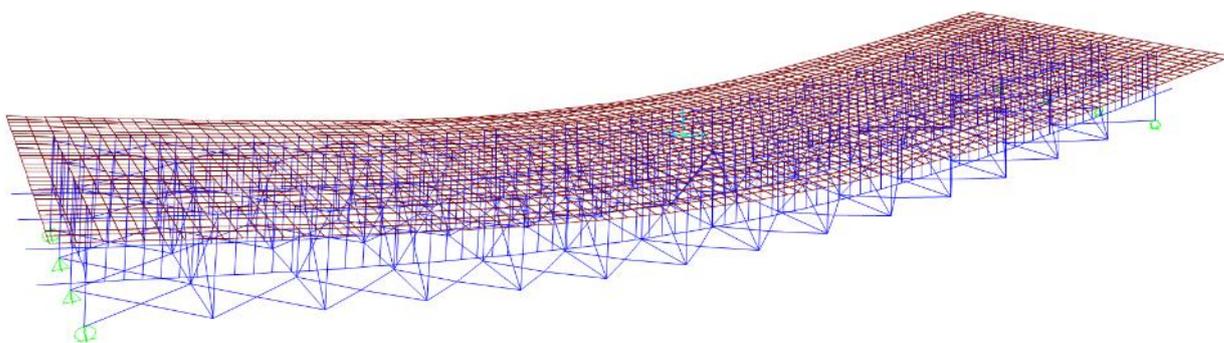
Pag.  
48 di 121

77	0.037	26.764	97.01	79.66	84.35
78	0.037	26.764	97.01	79.66	84.35
79	0.037	26.764	97.01	79.66	84.35
80	0.037	26.764	97.01	79.66	84.35
81	0.037	26.764	97.01	79.66	84.35
82	0.037	26.764	97.01	79.66	84.35
83	0.037	26.764	97.01	79.66	84.35
84	0.037	26.782	97.01	79.66	84.35
85	0.037	26.787	97.01	79.66	84.35
86	0.037	26.794	97.01	79.67	84.35
87	0.037	26.816	97.01	79.67	84.35
88	0.037	26.835	97.02	79.67	84.43
89	0.036	28.133	97.02	79.67	84.43
90	0.036	28.156	97.02	79.67	84.44
91	0.034	29.174	97.02	92.46	84.44
92	0.033	30.426	97.02	96.16	84.44
93	0.033	30.539	97.03	96.44	84.44
94	0.032	31.139	97.03	96.44	84.44
95	0.032	31.148	97.03	96.44	84.44
96	0.032	31.234	97.15	96.44	84.48
97	0.032	31.372	97.15	96.45	84.48
98	0.032	31.389	97.15	96.45	84.48
99	0.032	31.391	97.15	96.45	84.48
100	0.032	31.392	97.15	96.45	84.48

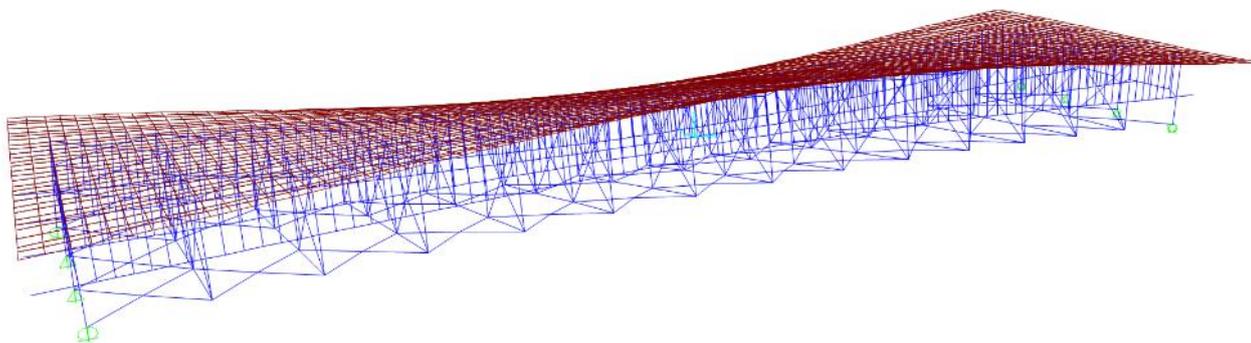
### 7.2.2.1 Forme modali

Di seguito si riportano le forme relative ai primi modi di vibrare globali del ponte con le associate frequenze proprie:

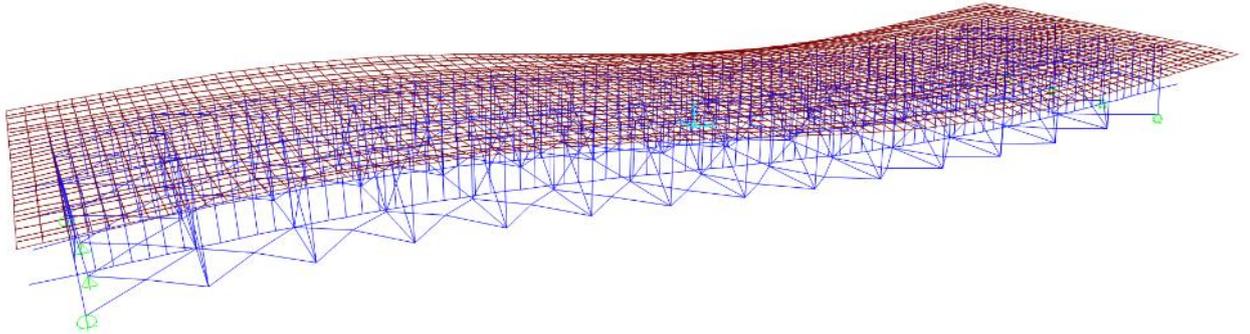
- Modo 1: flessionale simmetrico nel piano verticale, frequenza  $f = 2.776$  Hz



- Modo 2: torsionale simmetrico, frequenza  $f = 4.649$  Hz



- Modo 4: flessionale antisimmetrico nel piano verticale, frequenza  $f = 8.189$  Hz



### 7.2.3 Analisi dinamica

La velocità massima di progetto della linea ferroviaria passante sul ponte oggetto di verifica risulta pari a  $V_p = 250$  km/h; il range di velocità dei treni utilizzato nell'analisi dinamica va dal valore minimo di  $V_{min} = 20$  km/h ad un massimo di  $V_{max} = 300$  km/h, valore previsto ai fini della verifica e pari a  $V_{max} = 1.2 V_p$ . Le analisi sono state effettuate ad incrementi di velocità di 5 km/h.

Come richiesto nelle specifiche RFI (pt. 1.4.2.6), i parametri calcolati nelle simulazioni per ogni treno e per ogni velocità di transito, e riportati nel seguito, sono

- 1) Il coefficiente  $\varphi'_{Reale,f}(V) = \left| \frac{\delta_{din}}{\delta_{stat}} \right|$ , ossia il valore assoluto del rapporto tra la freccia massima della struttura valutata nell'analisi dinamica alla velocità di transito  $V$  e la freccia massima valutata al valore di velocità  $V_{min} = 20$  km/h, rispettivamente, e il massimo valore dei coefficienti  $\varphi'_{Reale,f}(V)$  calcolati alle diverse velocità'.
- 2) L'accelerazione massima verticale dell'impalcato che dovrà risultare inferiore a  $3.5$  m/s<sup>2</sup>.
- 3) Il coefficiente dinamico reale  $\varphi$  calcolato, come previsto al punto 1.4.2.6 delle specifiche, come segue:

$$\varphi = \varphi'_{Reale,f} + \varphi''^*$$

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 51 di 121

con  $\varphi''^* = \varphi''/2$  per linee ad elevato standard manutentivo. In particolare, il coefficiente  $\varphi''$  e' valutato in accordo alla formula 1.4.2.5.2.6., da cui risulta:

$$\varphi''^* = 0.0022$$

Lo smorzamento strutturale adottato, in conformità ai valori riportati in tabella 1.4.2.6.3.1.1 delle specifiche tecniche RFI, corrisponde ad un fattore di smorzamento critico  $\zeta = 4\%$ . Le analisi dinamiche sono state condotte rispettivamente per modelli di carico tipo HSLM e per modello di "treno reale" (TR).

### 7.2.3.1 Caratteristiche meccaniche del modello

In riferimento alla procedura adottata al fine di condurre le analisi dinamiche mediante un modello meccanico semplificato ad un grado di libertà, si riportano di seguito le caratteristiche di rigidità e inerzia modali relative al primo modo flessionale e torsionale.

#### 7.2.3.1.1 Modo flessionale

La forma adottata per descrivere il modo flessionale fondamentale è la seguente:

$$\phi^{(1)} = \sin\left(\frac{\pi x}{38}\right), \text{ con } x \in [0, L] \text{ ed } L=38 \text{ m}$$

Massa modale,  $m^{(1)} = 0.5 M$  dove  $M$  e' la massa totale dell'impalcato pari a  $M = 1.585 \times 10^6$  kg.

Frequenza del primo modo  $f^{(1)} = 2.776$  Hz, corrispondente ad una frequenza circolare  $\omega^{(1)} = 17.443$  rad/sec.

Rigidità modale  $k^{(1)} = 2.412 \times 10^8$  N/m.

Smorzamento modale  $r^{(1)} = 1.106 \times 10^6$  N sec/m.

#### 7.2.3.1.2 Modo torsionale

La forma adottata per descrivere il modo torsionale fondamentale è la seguente:

$$\phi^{(1)} = \sin\left(\frac{\pi x}{38}\right), \text{ con } x \in [0, L] \text{ ed } L=38 \text{ m}$$

Massa rotazionale modale,  $J_m^{(1)} = 0.5 J_M$  dove  $J_M$  e' la massa rotazionale totale dell'impalcato pari a  $J_M = 1.779 \times 10^7 \text{ kg m}^2$ .

Frequenza del primo modo  $f^{(1)} = 4.649 \text{ Hz}$ , corrispondente ad una frequenza circolare  $\omega^{(1)} = 29.209 \text{ rad/sec}$ .

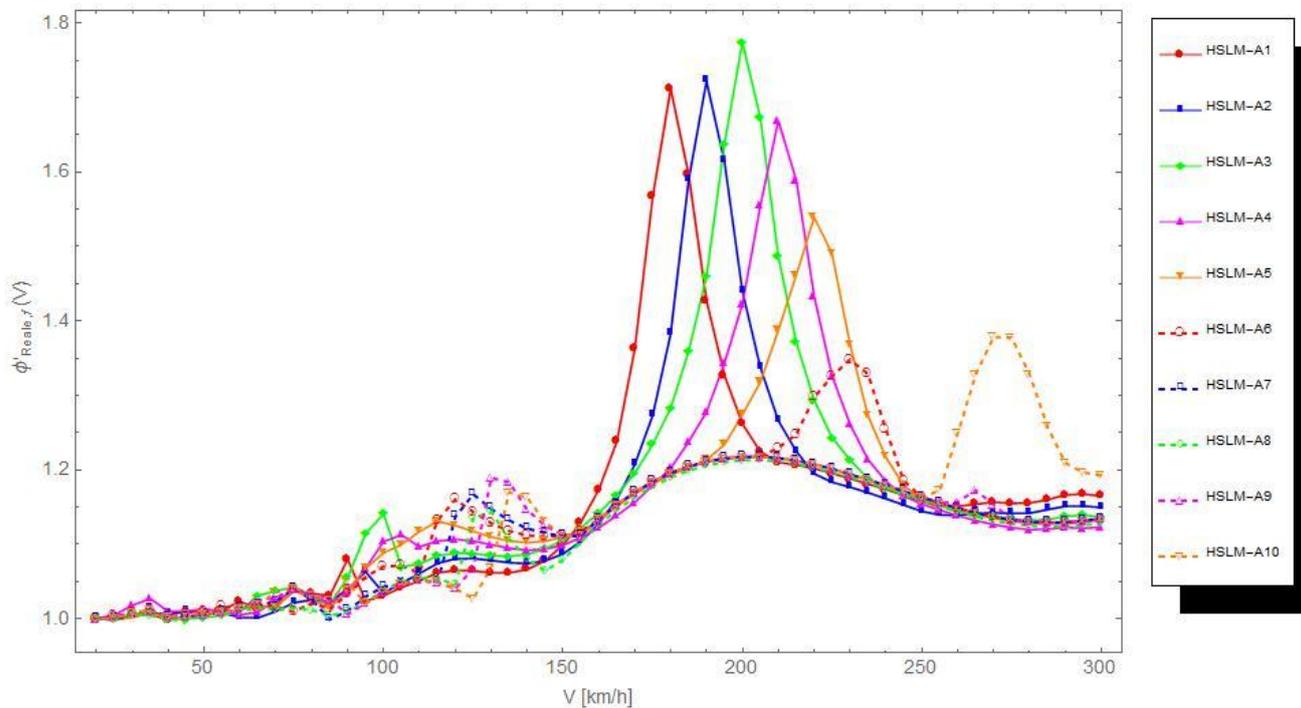
Rigidezza modale  $k^{(1)} = 7.589 \times 10^9 \text{ Nm}$ .

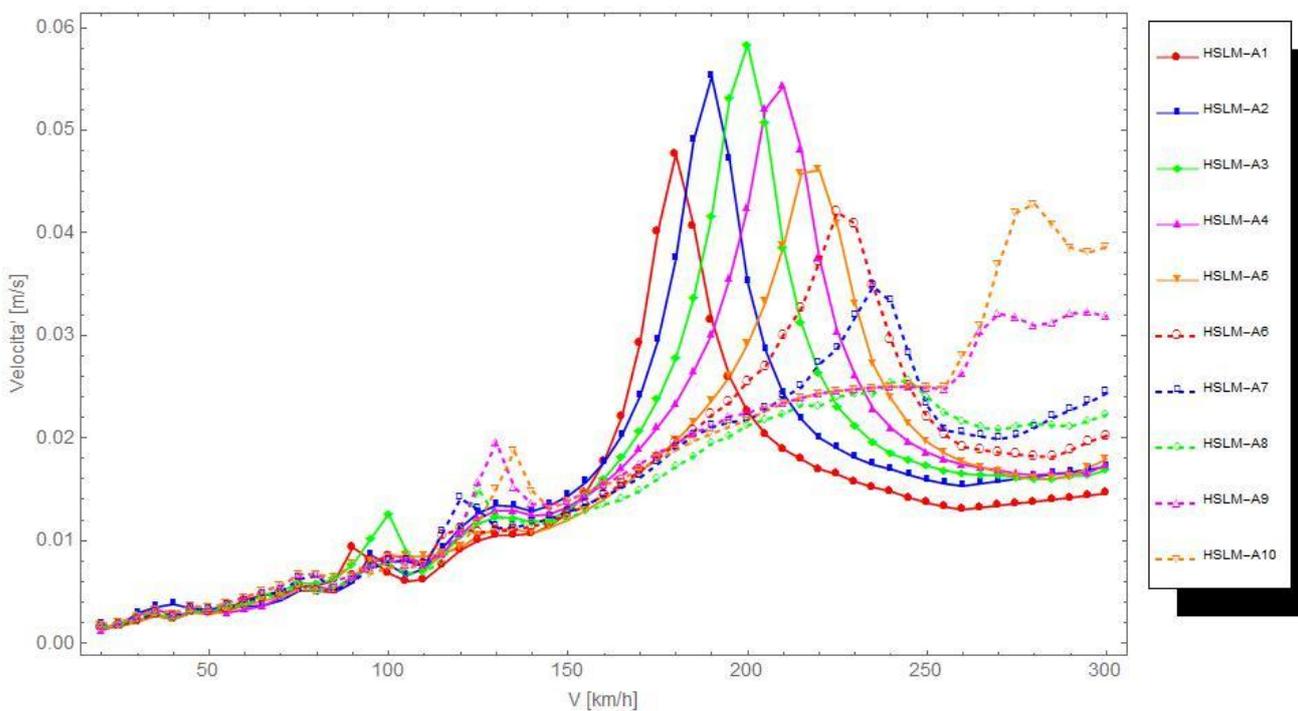
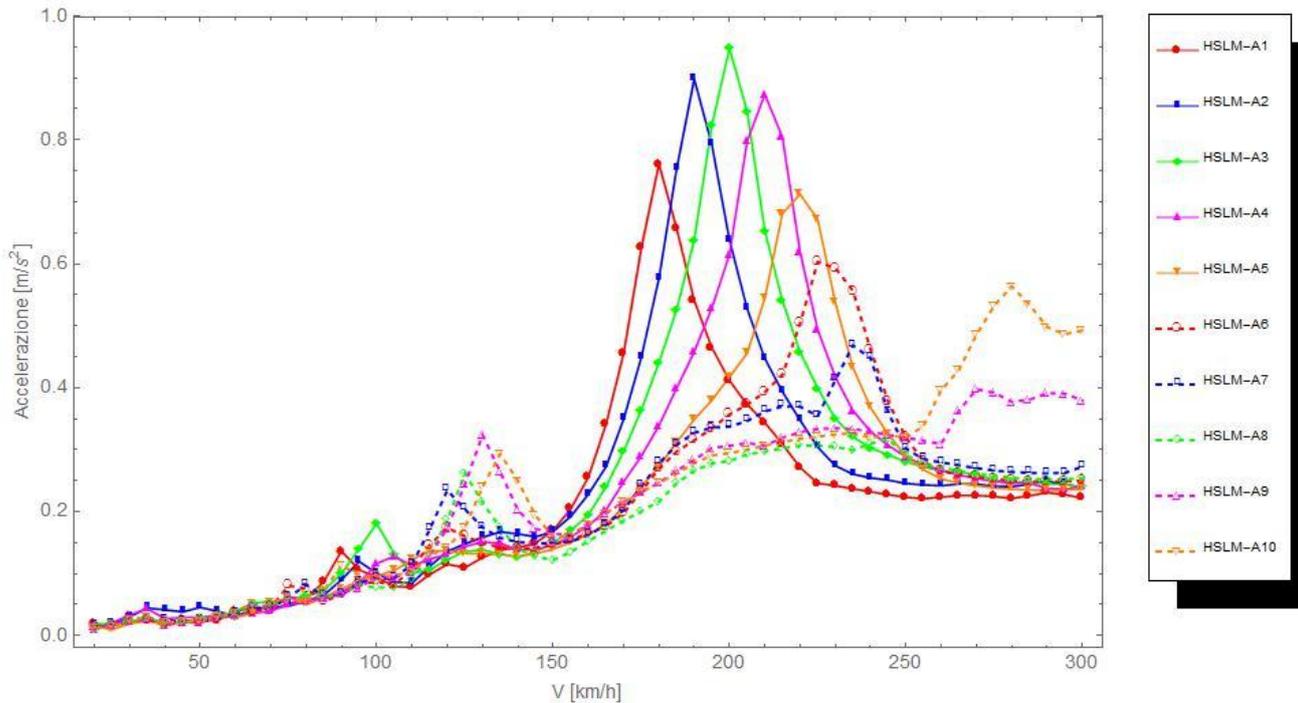
Smorzamento modale  $r^{(1)} = 2.079 \times 10^7 \text{ N m sec}$ .

### 7.2.3.2 Risultati, modello di carico hslm

Sono stati utilizzati modelli di carico tipo HSLM-A, determinati secondo quanto disposto in allegato 1.3 delle specifiche RFI.

#### 7.2.3.2.1 Analisi moto flessionale





Nelle tre figure precedenti sono riportati, rispettivamente, gli andamenti dei coefficienti  $\phi'_{Reale,f}(V)$ , della massima accelerazione e della massima velocita' indotta sull'impalcato

per i 10 treni di carico HSLM-A relativamente alle analisi condotte sul modo flessionale del ponte.

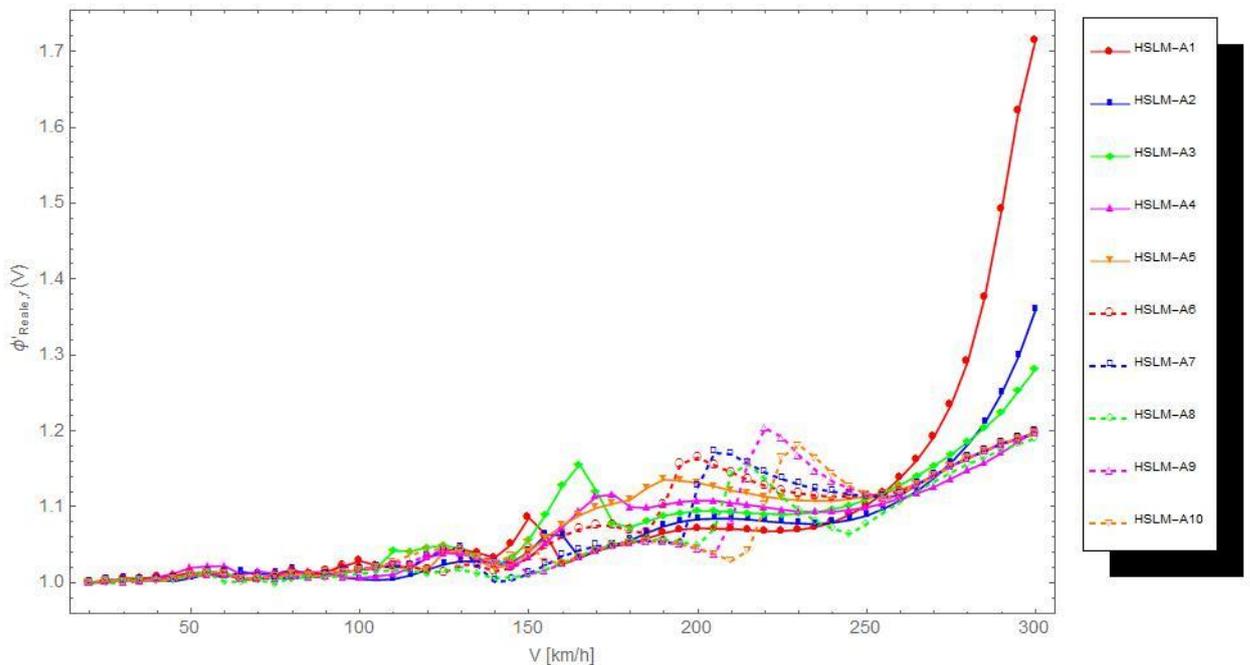
I massimi valori delle tre quantità sono riportati nella seguente tabella indicante il modello di carico e la velocità di progetto a cui si attingono tali massimi valori:

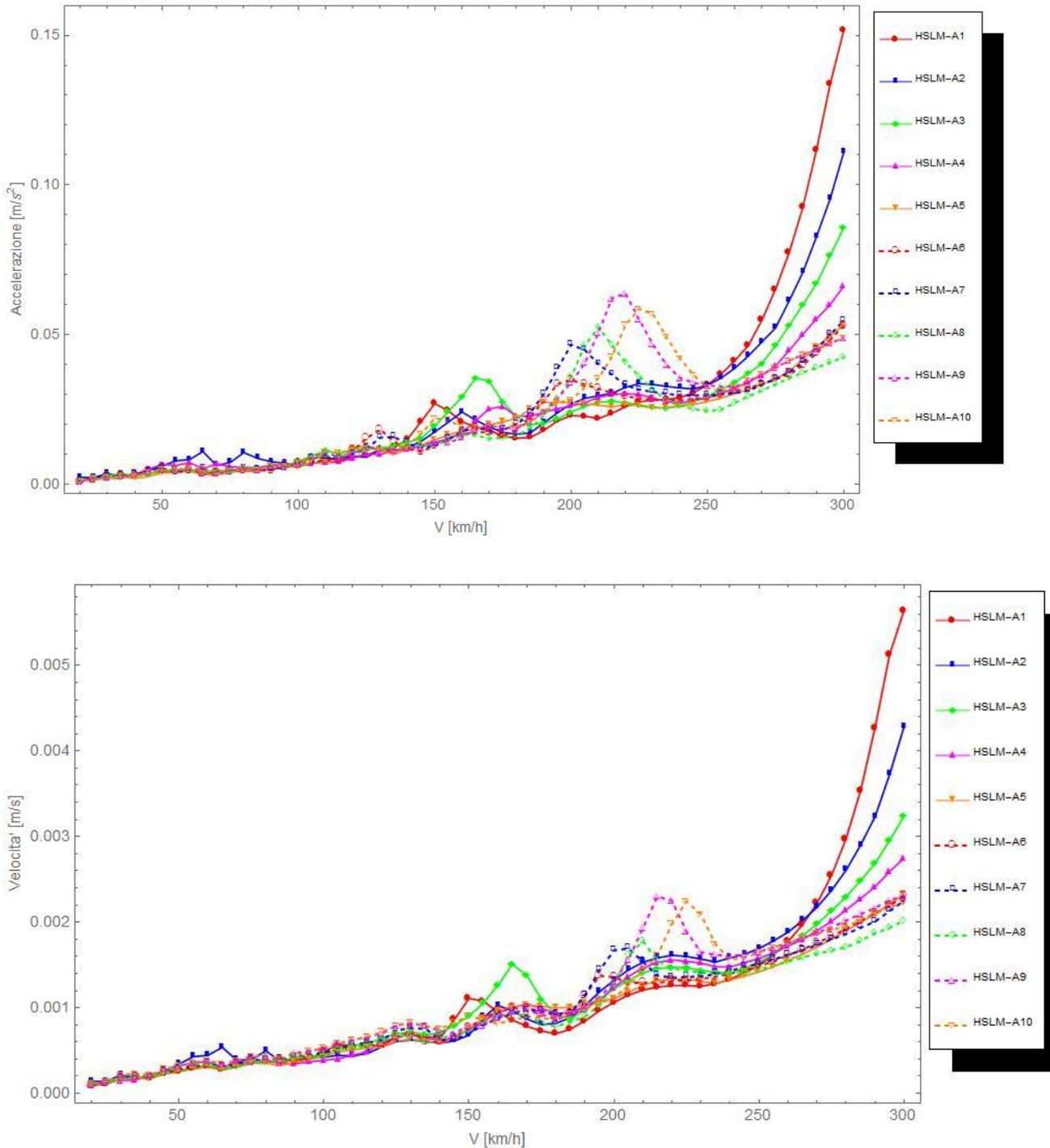
Treno di carico	Velocità di progetto [km/h]	$\varphi'_{\text{Reale,f}}$	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Velocità [m/s]
HSLM-A3	200	1.775	0.948	0.058

Infine, il coefficiente dinamico reale massimo  $\varphi$  risulta pari a

$$\varphi = 1.777$$

### 7.2.3.2.2 Analisi moto torsionale





Nelle tre figure precedenti sono riportati, rispettivamente, gli andamenti dei coefficienti  $\varphi'_{\text{Reale},f}(V)$ , della massima accelerazione e della massima velocità indotta sull'impalcato

  <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 56 di 121

(livello assi binari) per i 10 treni di carico HSLM-A relativamente alle analisi condotte sul modo torsionale del ponte.

I massimi valori delle tre quantità sono riportati nella seguente tabella indicante il modello di carico e la velocità di progetto a cui si attingono tali massimi valori:

Treno di carico	Velocità di progetto [km/h]	$\varphi'$ Reale,f	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Velocità [m/s]
HSLM-A1	300	1.715	0.152	0.0056

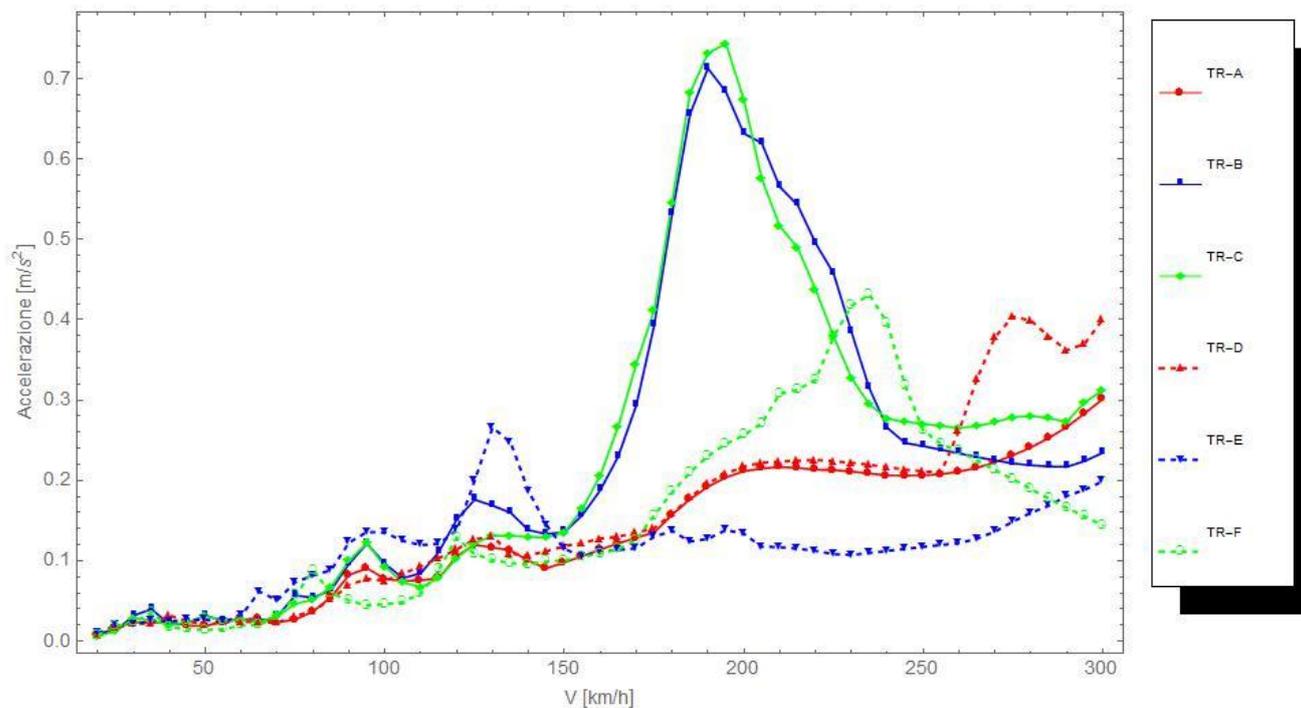
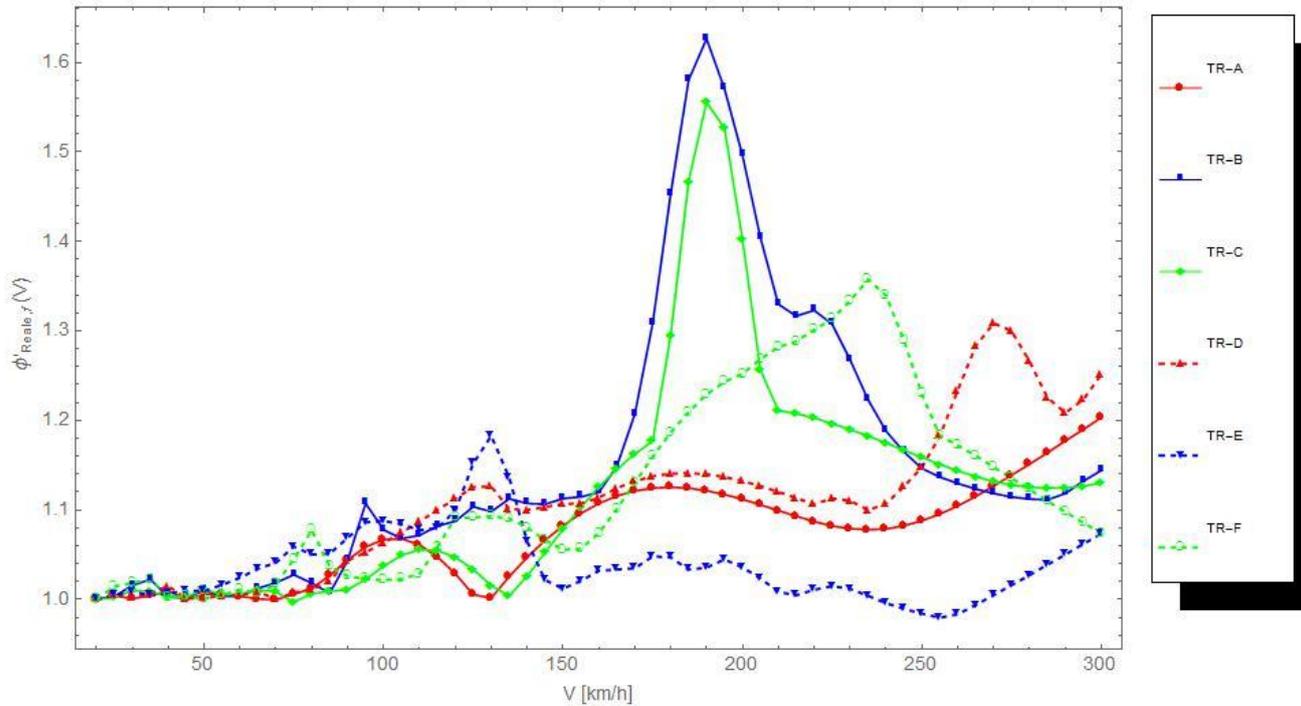
Infine, il coefficiente dinamico reale massimo  $\varphi$  risulta pari a

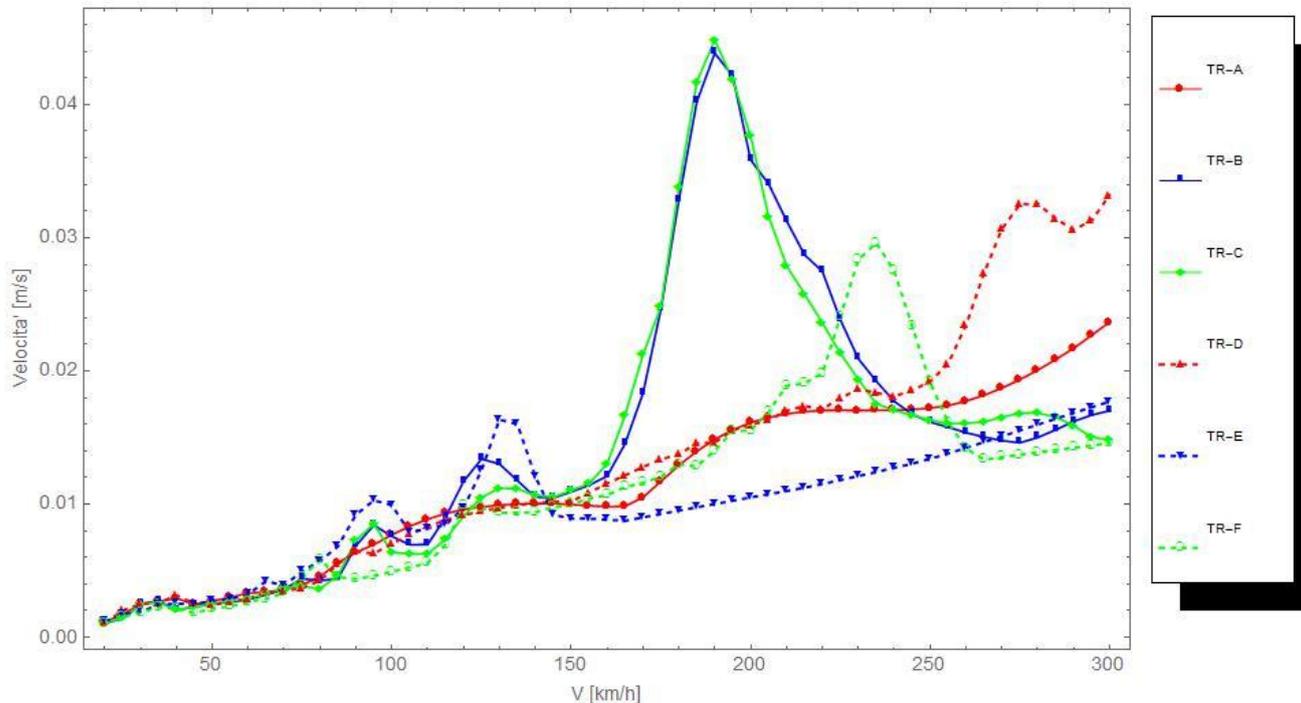
$$\varphi = 1.717$$

### 7.2.3.3 Risultati, modello di carico treno reale (tr)

Sono stati utilizzati modelli di carico tipo “treno reale”, determinati secondo quanto disposto in allegato 1.1 delle specifiche RFI.

### 7.2.3.3.1 Analisi moto flessionale





Nelle tre figure precedenti sono riportati, rispettivamente, gli andamenti dei coefficienti  $\varphi'_{\text{Reale},f}(V)$ , della massima accelerazione e della massima velocità indotta sull'impalcato per i 6 treni di carico tipo "treno reale" relativamente alle analisi condotte sul modo flessionale del ponte.

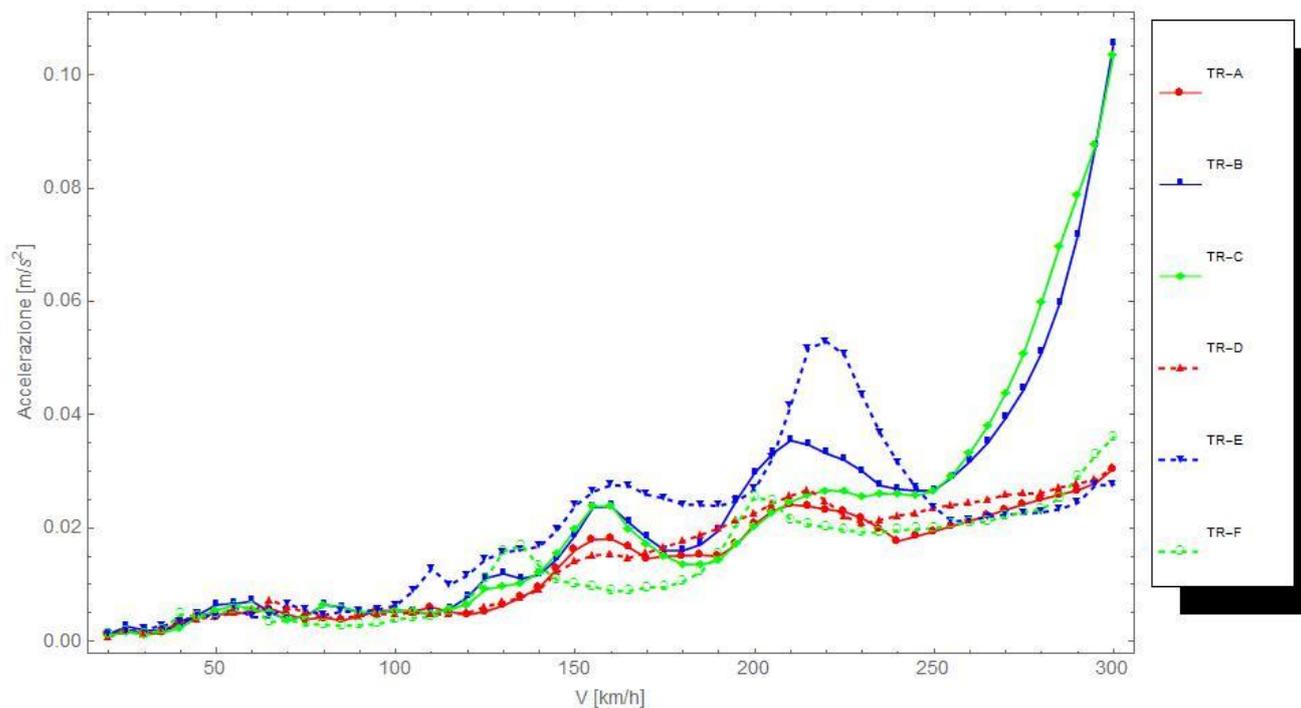
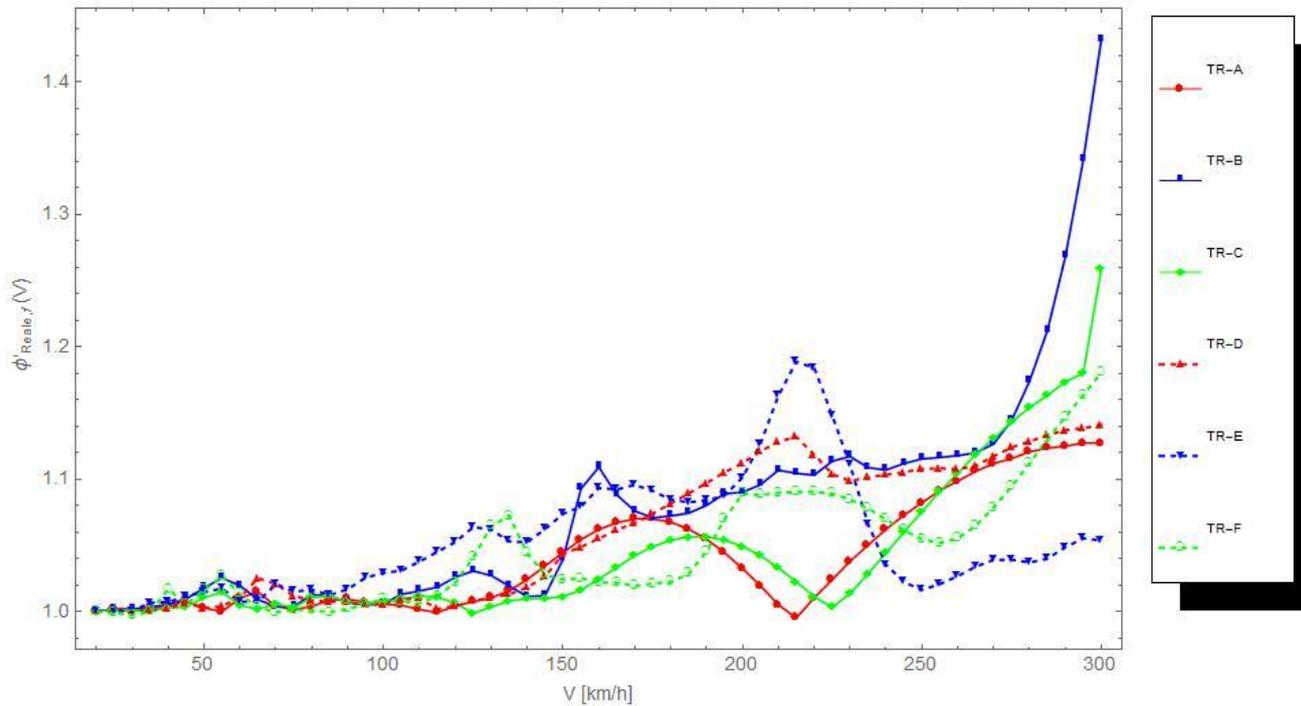
I massimi valori delle tre quantità sono riportati nella seguente tabella indicante il modello di carico e la velocità di progetto a cui si attingono tali massimi valori:

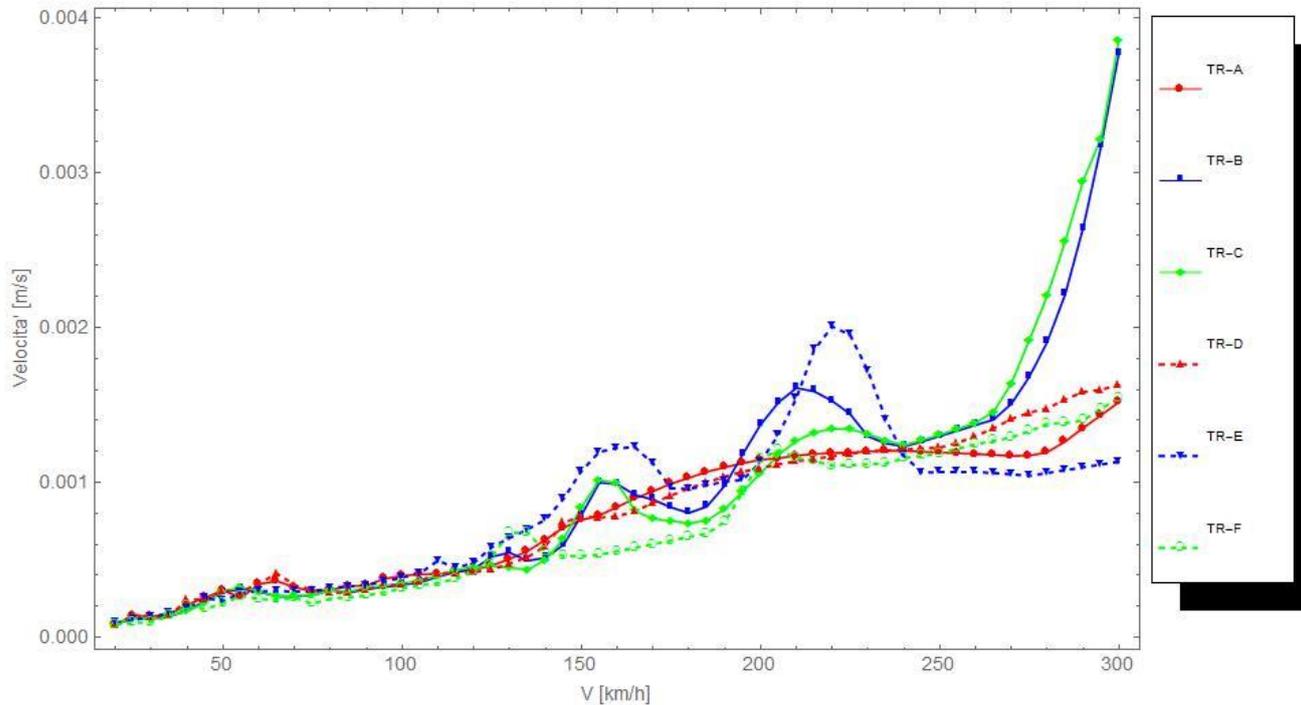
Treno di carico	Velocità di progetto [km/h]	$\varphi'_{\text{Reale},f}$	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Velocità [m/s]
TR-B	190	1.626	-	-
TR-C	190	-	-	0.045
TR-C	195	-	0.744	-

Infine, il coefficiente dinamico reale massimo  $\varphi$  risulta pari a

$$\varphi = 1.628$$

### 7.2.3.3.2 Analisi moto torsionale





Nelle tre figure precedenti sono riportati, rispettivamente, gli andamenti dei coefficienti  $\varphi'_{\text{Reale},f}(V)$ , della massima accelerazione e della massima velocità indotta sull'impalcato (livello assi binari) per i 6 treni di carico tipo "treno reale" relativamente alle analisi condotte sul modo torsionale del ponte.

I massimi valori delle tre quantità sono riportati nella seguente tabella indicante il modello di carico e la velocità di progetto a cui si attingono tali massimi valori:

Treno di carico	Velocità di progetto [km/h]	$\varphi'_{\text{Reale},f}$	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Velocità [m/s]
TR-B	300	1.43	0.106	-
TR-C	300	-	-	0.0038

Infine, il coefficiente dinamico reale massimo  $\varphi$  risulta pari a

$$\varphi = 1.432$$

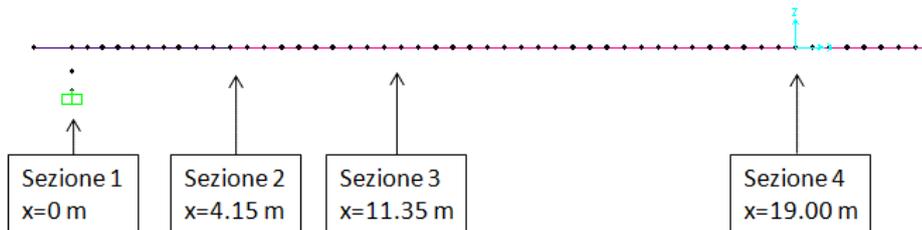
 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 61 di 121

#### 7.2.3.4 Considerazioni finali

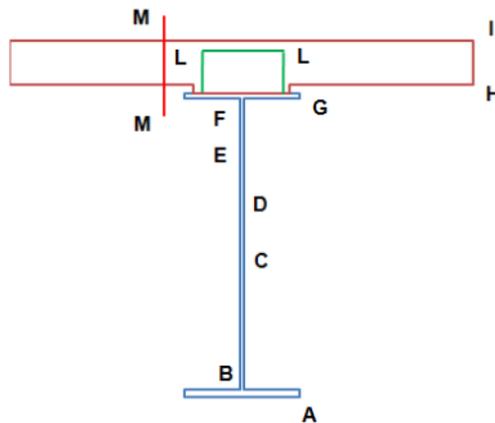
Dai risultati dell'analisi dinamica emerge che il passaggio del modello di carico **HSLM-A3** provoca la maggiore amplificazione dinamica, con un coefficiente  $\phi'_{\text{Reale}} = 1.775$ , da cui  $\phi'_{\text{Reale}} + \phi''^* = \phi = 1.777$ . Mentre, la massima accelerazione trasversale valutata sull'impalcato è pari a  $0.948 \text{ m/s}^2$  (valutata al passaggio del treno HSLM-A3) che risulta pertanto inferiore al limite massimo presente nelle specifiche di progettazione RFI (RFI DTC INC PO SP IFS 001 A 27122011): "SPECIFICA PER LA PROGETTAZIONE E L'ESECUZIONE DEI PONTI FERROVIARI E DI ALTRE OPERE MINORI SOTTO BINARIO" (pt. 1.4.2.6) e pari a  $3.5 \text{ m/s}^2$

## 8 VERIFICA SLU

Si procede alla verifica degli stati limite ultimi che interessano le travi, in particolare, si riportano le verifiche condotte sull'elemento più sollecitato che risulta essere la trave di bordo indicata nella figura sottostante.



La sezione sottostante indica i punti della trave in cui sono state calcolate le tensioni normali, tangenziali e la corrispondente tensione ideale con cui si è eseguita la verifica. Si procede anche al calcolo dell'armatura longitudinale della soletta necessaria per la flessione e si indica l'armatura aggiuntiva in direzione trasversale dovuta al taglio per le sezioni L-L ed M-M.



### 8.1 Trave sezione di appoggio

#### Caratteristiche della sezione

##### Soletta

Spessore	$h_s =$	0.3	m
Area	$A_s =$	0.7825	m <sup>2</sup>
Baricentro	$Y_s =$	0.0046	m
Momento di inerzia	$J_s =$	0.1688	m <sup>4</sup>

##### Trave isolata

Area	$A_p =$	0.1287	m <sup>2</sup>
Baricentro	$Y_p =$	1.2251	m
Momento di inerzia	$J_p =$	0.1269	m <sup>4</sup>

##### **Modulo di resistenza**

A: intradosso trave	$W_A =$	$W(0.000) =$	0.10361	m <sup>3</sup>
B: intradosso anima	$W_B =$	$W(0.040) =$	0.10621	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$W_D =$	$W(1.486) =$	0.40397	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$W_E =$	$W(1.991) =$	0.16741	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$W_F =$	$W(2.570) =$	0.09439	m <sup>3</sup>
G: estradosso trave	$W_G =$	$W(2.600) =$	0.09233	m <sup>3</sup>

##### **Momenti statici**

B: intradosso anima	$S_{p,B} =$	$S^*(0.040) =$	0.03630	m <sup>3</sup>
C: baricentro trave isolata	$S_{p,C} =$	$S^*(1.096) =$	0.05773	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{p,D} =$	$S^*(1.486) =$	0.04653	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{p,E} =$	$S^*(1.991) =$	0.03576	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$S_{p,F} =$	$S^*(2.570) =$	0.03060	m <sup>3</sup>

##### Sezione composta: trave+soletta

Area BT	$A_{BT} =$	0.2530	m <sup>2</sup>
Baricentro BT	$Y_{BT} =$	1.9834	m
Momento di inerzia BT	$J_{BT} =$	0.2783	m <sup>4</sup>
Area LT	$A_{LT} =$	0.1616	m <sup>2</sup>

<b>Baricentro LT</b>		$Y_{LT} =$	<b>1.5393</b>	<b>m</b>
<b>Momento di inerzia LT</b>		$J_{LT} =$	<b>0.1896</b>	<b>m<sup>4</sup></b>
<b>Momenti statici BT</b>				
B: intradosso anima	$S_{B\_BT} =$	$S^*(0.040) =$	0.0591	m <sup>3</sup>
C: baricentro trave isolata	$S_{C\_BT} =$	$S^*(1.096) =$	0.1077	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D\_BT} =$	$S^*(1.486) =$	0.1133	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E\_BT} =$	$S^*(1.991) =$	0.1163	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$S_{F\_BT} =$	$S^*(2.570) =$	0.1111	m <sup>3</sup>
G: estradosso trave	$S_{G\_BT} =$	$S^*(2.600) =$	0.0976	m <sup>3</sup>
<b>Momenti statici LT</b>				
B: intradosso anima	$S_{B\_LT} =$	$S^*(0.040) =$	0.0457	m <sup>3</sup>
C: baricentro trave isolata	$S_{C\_LT} =$	$S^*(1.096) =$	0.0784	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D\_LT} =$	$S^*(1.486) =$	0.0799	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E\_LT} =$	$S^*(1.991) =$	0.0769	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$S_{F\_LT} =$	$S^*(2.570) =$	0.0640	m <sup>3</sup>
G: estradosso trave	$S_{G\_LT} =$	$S^*(2.600) =$	0.0640	m <sup>3</sup>

Larghezza della sezione nei punti B-C-D-E	$b_B =$	0.03	m
Larghezza della sezione nel punto F	$b_F =$	0.75	m

**Verifica delle tensioni sulla sezione**       $x =$       **-18.60 m**

### Sollecitazioni agenti sulla sezione

Azione	P	M3	V2*
	kN	kNm	kN
1) Costruzione BT	112	435	-1819
2) Costruzione LT	92	495	-1830
3) SLU - Max	596	977	375
4) SLU - Min	-467	-802	-2141
5) SISMICA - Max	345	616	917
6) SISMICA - Min	-321	-586	-1149
7) Ritiro	-430	742	79

\* Taglio sulla sezione composta

### Punto A

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	5.1	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	5.5	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	14.1	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-11.4	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	8.6	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-8.1	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	3.8	MPa

			<b>MPa</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>20.9 ≤ 338</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-4.5 ≤ 338</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>26.1 ≤ 338</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>0.6 ≤ 338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>13.7 ≤ 338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-3.1 ≤ 338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>17.9 ≤ 338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>1.2 ≤ 338</b>

### Punto B

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	5.0	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	5.4	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	13.8	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-11.2	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	8.5	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-8.0	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	3.6	MPa

<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Max - BT</b>	Condizione 1 + 3	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>20.5 <math>\leq</math> 338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Min - BT</b>	Condizione 1 + 4	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>-4.5 <math>\leq</math> 338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Max - LT</b>	Condizione 2 + 3 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>25.5 <math>\leq</math> 338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Min - LT</b>	Condizione 2 + 4 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>0.4 <math>\leq</math> 338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Max - BT</b>	Condizione 1 + 5	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>13.4 <math>\leq</math> 338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Min - BT</b>	Condizione 1 + 6	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>-3.0 <math>\leq</math> 338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Max - LT</b>	Condizione 2 + 5 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>17.5 <math>\leq</math> 338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Min - LT</b>	Condizione 2 + 6 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>1.0 <math>\leq</math> 338</b>

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	12.86 MPa
Condizione 2	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	14.71 MPa
Condizione 3	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	2.65 MPa
Condizione 4	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	15.14 MPa
Condizione 5	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	6.49 MPa
Condizione 6	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	8.12 MPa
Condizione 7	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.56 MPa

<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Max - BT</b>	<b><math>T_{B\_BT,max} =</math></b>	<b>20.0 <math>\leq</math> 338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Min - BT</b>	<b><math>T_{B\_BT,min} =</math></b>	<b>32.5 <math>\leq</math> 338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Max - LT</b>	<b><math>T_{B\_BT,max} =</math></b>	<b>23.2 <math>\leq</math> 338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Min - LT</b>	<b><math>T_{B\_BT,min} =</math></b>	<b>35.7 <math>\leq</math> 338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Max - BT</b>	<b><math>T_{B\_BT,max} =</math></b>	<b>19.3 <math>\leq</math> 338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Min - BT</b>	<b><math>T_{B\_BT,min} =</math></b>	<b>21.0 <math>\leq</math> 338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Max - LT</b>	<b><math>T_{B\_BT,max} =</math></b>	<b>21.8 <math>\leq</math> 338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Min - LT</b>	<b><math>T_{B\_BT,min} =</math></b>	<b>23.4 <math>\leq</math> 338</b>

<b>Verifica tensione globale SLU - BT</b>	<b><math>\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =</math></b>	<b>59.9 <math>\leq</math> 338 MPa</b>
<b>Verifica tensione globale SLU - LT</b>	<b><math>\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =</math></b>	<b>66.8 <math>\leq</math> 338 MPa</b>
<b>Verifica tensione globale SISMICA - BT</b>	<b><math>\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =</math></b>	<b>38.8 <math>\leq</math> 338 MPa</b>
<b>Verifica tensione globale SISMICA - LT</b>	<b><math>\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =</math></b>	<b>44.1 <math>\leq</math> 338 MPa</b>

### Punto                      C

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	0.9	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	0.7	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	4.6	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-3.6	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	2.7	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-2.5	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-3.3	MPa

<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Max - BT</b>	Condizione 1 + 3	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>5.8</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Min - BT</b>	Condizione 1 + 4	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>-2.5</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Max - LT</b>	Condizione 2 + 3 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>1.6</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Min - LT</b>	Condizione 2 + 4 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>-6.7</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Max - BT</b>	Condizione 1 + 5	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>3.6</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Min - BT</b>	Condizione 1 + 6	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>-1.6</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Max - LT</b>	Condizione 2 + 5 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>0.1</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Min - LT</b>	Condizione 2 + 6 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>-5.1</b>	<b><math>\leq 338</math></b>

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	23.45	MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	25.23	MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	4.83	MPa
Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	27.61	MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	11.82	MPa
Condizione 6	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	14.81	MPa
Condizione 7	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	1.02	MPa

<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Max - BT</b>	<b><math>T_{B\_BT,max} =</math></b>	<b>36.5</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Min - BT</b>	<b><math>T_{B\_BT,min} =</math></b>	<b>59.3</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Max - LT</b>	<b><math>T_{B\_BT,max} =</math></b>	<b>40.1</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Min - LT</b>	<b><math>T_{B\_BT,min} =</math></b>	<b>62.9</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Max - BT</b>	<b><math>T_{B\_BT,max} =</math></b>	<b>35.3</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Min - BT</b>	<b><math>T_{B\_BT,min} =</math></b>	<b>38.3</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Max - LT</b>	<b><math>T_{B\_BT,max} =</math></b>	<b>38.1</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Min - LT</b>	<b><math>T_{B\_BT,min} =</math></b>	<b>41.1</b>	<b><math>\leq 338</math></b>

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	102.8	≤ 338	MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	109.1	≤ 338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	66.4	≤ 338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	71.3	≤ 338	MPa

### Punto

### D

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-0.2	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-0.5	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	2.2	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-1.6	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	1.2	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-1.0	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-5.2	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	1.9	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-1.9	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-4.7	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-8.5	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	1.0	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-1.3	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-4.5	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-6.7	≤ 338

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	24.69	MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	25.71	MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	5.09	MPa
Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	29.06	MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	12.45	MPa
Condizione 6	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	15.59	MPa
Condizione 7	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	1.08	MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	38.4	≤ 338
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	62.4	≤ 338

Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} = 41.1 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} = 65.1 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} = 37.1 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} = 40.3 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} = 39.2 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} = 42.4 \leq 338$

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	108.1	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	113.0	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	69.8	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	73.7	$\leq 338$	MPa

### Punto

### E

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-1.7	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-2.2	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-1.2	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	1.2	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-1.0	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	1.0	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-7.8	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-3.5	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-1.2	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-13.6	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-11.2	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-2.7	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-0.7	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-11.0	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-9.0	$\leq 338$

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	25.33	MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	24.76	MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	5.22	MPa
Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	29.82	MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	12.77	MPa

Condizione 6	$T_B = (V_2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) =$	16.00	MPa
Condizione 7	$T_B = (V_2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) =$	1.11	MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	39.4	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	64.0	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	40.0	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	64.6	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	38.1	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	41.3	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	38.6	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	41.9	$\leq$	338

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	110.9	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	112.7	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	71.6	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	73.3	$\leq$	338	MPa

### Punto

### F

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-3.7	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-4.5	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-5.7	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	4.9	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-3.8	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	3.7	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-11.2	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-10.8	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-0.2	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-25.3	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-14.7	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-7.6	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	0.0	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-19.6	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-12.0	$\leq$	338

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) =$	0.97	MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) =$	0.82	MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) =$	0.20	MPa
Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) =$	1.14	MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) =$	0.49	MPa
Condizione 6	$T_B = (V2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) =$	0.61	MPa
Condizione 7	$T_B = (V2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) =$	0.04	MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	1.5	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	2.4	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	1.4	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	2.3	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	1.5	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	1.6	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	1.4	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	1.5	$\leq$	338

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	11.6	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	25.6	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	8.1	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	19.7	$\leq$	338	MPa

### Punto

### G

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-3.8	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-4.7	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-6.0	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	5.1	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-4.0	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	3.8	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-11.4	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-11.1	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-0.1	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-25.9	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-14.9	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-7.8	$\leq$	338

Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 +6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>0.0</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>-20.0</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-12.2</b> $\leq$ <b>338</b>

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.85 MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.82 MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.18 MPa
Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	1.00 MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.43 MPa
Condizione 6	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.54 MPa
Condizione 7	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.04 MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	<b>1.3</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	<b>2.1</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	<b>1.3</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	<b>2.2</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	<b>1.3</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	<b>1.4</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	<b>1.3</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	<b>1.4</b> $\leq$ <b>338</b>

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	<b>11.7</b> $\leq$ <b>338</b> MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	<b>26.1</b> $\leq$ <b>338</b> MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	<b>8.2</b> $\leq$ <b>338</b> MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	<b>20.2</b> $\leq$ <b>338</b> MPa

### Calcolo della piolatura

Diametro connettore	d =	19 mm
Altezza connettore	$h_{sc} =$	220 mm
Interasse trasversale	$e_{tr} =$	180 mm
Coumero connettori in direzione trasversale	ntr =	3
Coeff. EN 1994-1-1 par. 6.6.3.1	$\alpha =$	1.00
Massimo interasse connettori lungo X	<	537.0 mm
Massima distanza dal bordo	<	219.7 mm
Resistenza connettore (1)	$P_{Rd,1} =$	92.5 kN
Resistenza connettore (2)	$P_{Rd,2} =$	86.5 kN

**Linea AV/AC VERONA – PADOVA****1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO**

Titolo:

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.

IN0D00DI2CLVI0007013A

Pag.

73 di 121

Resistenza connettori Di progetto (min 1;2)

 $P_{Rd} = 86.5 \text{ kN}$ 

Forza di taglio BT

 $F_{SC\_BT} = 1612 \text{ kN/m}$ 

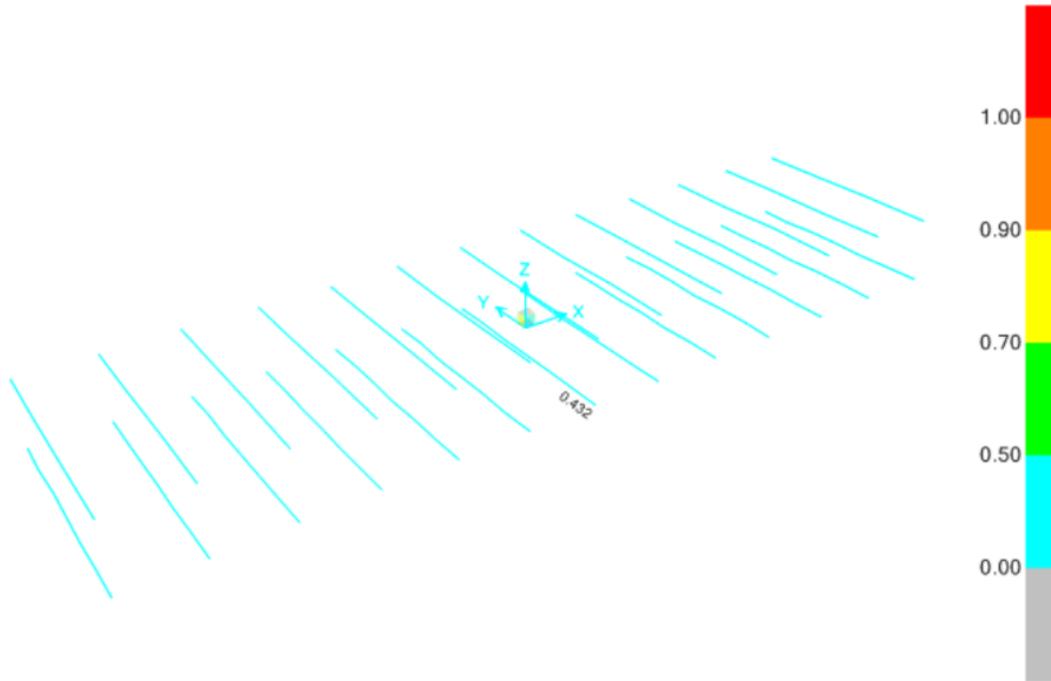
Forza di taglio LT

 $F_{SC\_LT} = 1529 \text{ kN/m}$ 

Numero di connettori al metro

 $n = 19 \text{ /m}$

8.2 Verifiche elemento trasversi 2L 100X10 (20)



Italian NTC 2008 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : Trasv-Inf-X Mid: 0.000      Combo: SLU-TRAFF-BT      Design Type: Beam  
Length: 1.375      Y Mid: -3.438      Shape: 2L100X10/20      Frame Type: DCL-MRF  
Loc : 1.375      Z Mid: -1.080      Class: Class 4      Rolled : No

Interaction=Method 2 (Annex B)      MultiResponse=Envelopes      P-Delta Done? No

GammaM0=1.05      GammaM1=1.10      GammaM2=1.25  
An/Ag=1.00      RLLF=1.000      PLLF=0.750      D/C Lim=0.990

Aeff=0.004      eNy=0.000      eNz=0.000  
A=0.004      Iyy=3.600E-06      iyy=0.031      Wel, yy=5.048E-05      Weff, yy=1.255E-04  
It=0.000      Izz=9.287E-06      izz=0.049      Wel, zz=8.442E-05      Weff, zz=8.442E-05  
Iw=0.000      Iyz=0.000      h=0.100      Wpl, yy=9.095E-05      Av, z=0.002  
E=210000000.0      fy=355000.000      fu=510000.000      Wpl, zz=1.470E-04      Av, y=0.002

Iyz=0.000      Imax=9.287E-06      imax=0.049      Wel, zz, maj=8.442E-05  
Rot= 90 deg      Imin=3.600E-06      imin=0.031      Wel, zz, min=5.048E-05

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
1.375	-236.645	0.022	0.031	0.266	0.312	-2.011E-04

### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	N Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
6.3.3(4)-6.61	0.432	= 0.390	+ 0.026	+ 0.017	0.990	OK

### AXIAL FORCE DESIGN

Axial	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	Nb,Rd
	-236.645	1284.762	1284.762	2488.492	1827.681	1.000	
Major (y-y)	Curve Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	b 0.340	986.658	1.169	1.348	0.495	607.134	
MajorB (y-y)	b 0.340	986.658	1.169	1.348	0.495	607.134	
Minor (z-z)	b 0.340	2545.151	0.728	0.855	0.768	941.413	
MinorB (z-z)	b 0.340	2545.151	0.728	0.855	0.768	941.413	
Torsional TF	b 0.340	1827.681	0.859	0.981	0.687	842.937	

### MOMENT DESIGN

Major (y-y)	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	0.022	0.814	42.434	42.434	42.434	39.128
Minor (z-z)	0.031	0.414	28.543	28.543	28.543	
LTB	Curve AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	d 0.760	0.244	0.546	0.966	1.908	301.900
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz		
Factors	1.234	1.110	0.988	1.110		

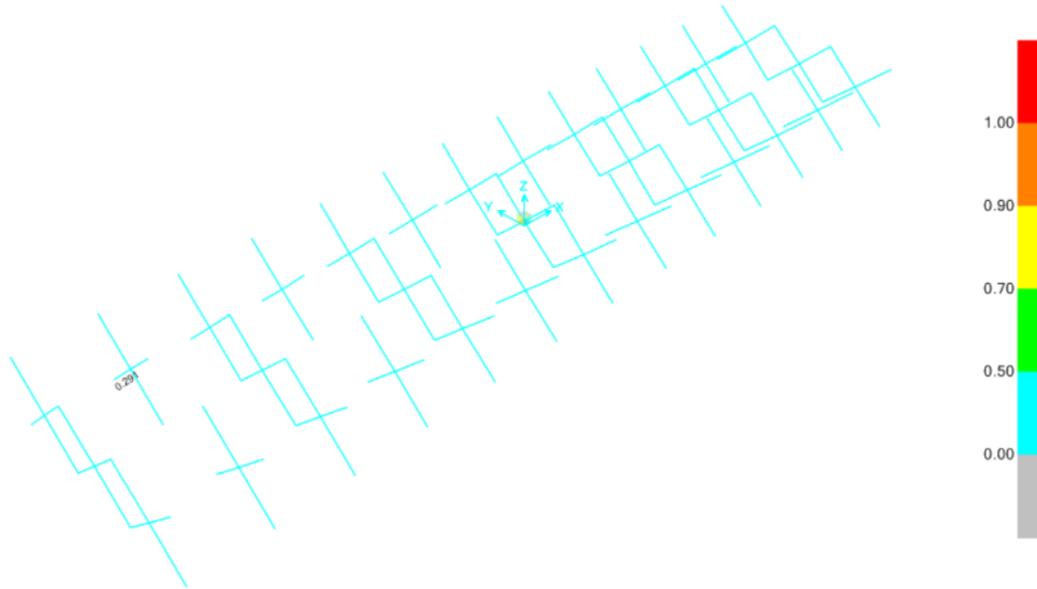
### SHEAR DESIGN

Major (z)	Ved Force	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion
Major (z)	0.266	390.399	0.001	OK	0.000
Minor (y)	0.312	390.399	0.001	OK	0.000
Reduction	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	390.399	1.000	0.128		

### CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0.917	0.266

8.3 Verifiche controventi verticali L 120X10



Italian NTC 2008 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : Trasn-PianX Mid: -13.500      Combo: SLU-TRAFF-LT      Design Type: Brace  
Length: 1.892      Y Mid: 3.438      Shape: L120x10      Frame Type: DCL-MRF  
Loc : 1.892      Z Mid: -0.430      Class: Class 4      Rolled : No

Interaction=Method 2 (Annex B)      MultiResponse=Envelopes      P-Delta Done? No

GammaM0=1.05      GammaM1=1.10      GammaM2=1.25  
An/Ag=1.00      RLLF=1.000      PLLF=0.750      D/C Lim=0.990

Aeff=0.002      eNy=-0.001      eNz=-0.001  
A=0.002      Iyy=3.185E-06      iyy=0.037      Wel,yy=3.691E-05      Weff,yy=9.453E-05  
It=0.000      Izz=3.185E-06      izz=0.037      Wel,zz=3.691E-05      Weff,zz=9.453E-05  
Iw=0.000      Iyz=-1.894E-06      h=0.120      Wpl,yy=6.648E-05      Av,z=0.001  
E=210000000.0      fy=355000.000      fu=510000.000      Wpl,zz=6.648E-05      Av,y=0.001

Iyz=-1.894E-06      Imax=5.079E-06      imax=0.047      Wel,zz,maj=5.986E-05  
Rot= 45 deg      Imin=1.291E-06      imin=0.024      Wel,zz,min=2.710E-05

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1.892	-80.210	0.334	0.255	0.175	-0.011	-9.834E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	N Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check

$$6.3.3(4) - 6.61 \quad 0.291 = 0.265 + 0.018 + 0.008 \quad 0.990 \quad \text{OK}$$

### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc, Rd Capacity	Nt, Rd Capacity				
Axial	-80.210	747.545	777.619				
	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag		
	777.619	844.560	1357.228	576.372	1.000		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	b	0.340	460.940	1.305	1.539	0.425	302.914
MajorB(y-y)	b	0.340	460.940	1.305	1.539	0.425	302.914
Minor (z-z)	b	0.340	1843.759	0.652	0.790	0.810	577.885
MinorB(z-z)	b	0.340	1843.759	0.652	0.790	0.810	577.885
Torsional TF	b	0.340	576.372	1.167	1.345	0.496	354.191

### MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity	
Major (y-y)	0.334	0.334	31.960	31.960	31.960	26.981	
Minor (z-z)	0.255	0.262	31.960	31.960	31.960		
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	d	0.760	0.353	0.620	0.884	1.000	105.130
	kyy	kyz	kzy	kzz			
Factors	1.153	0.725	0.991	0.725			

### SHEAR DESIGN

	Ved Force	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion
Major (z)	0.240	234.239	0.001	OK	0.001
Minor (y)	0.284	234.239	0.001	OK	0.001
	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	234.239	1.000	0.000		

### BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P Comp	P Tens
Axial	N/C	-80.210

### 8.4 Trave sezione 2

#### Caratteristiche della sezione

##### Soletta

Spessore	$h_s =$	0.3	m
Area	$A_s =$	0.7825	m <sup>2</sup>
Baricentro	$Y_s =$	0.0046	m
Momento di inerzia	$J_s =$	0.1688	m <sup>4</sup>

##### Trave isolata

Area	$A_p =$	0.1287	m <sup>2</sup>
Baricentro	$Y_p =$	1.2251	m
Momento di inerzia	$J_p =$	0.1269	m <sup>4</sup>

##### **Modulo di resistenza**

A: intradosso trave	$W_A =$	$W(0.000) =$	0.10361	m <sup>3</sup>
B: intradosso anima	$W_B =$	$W(0.040) =$	0.10621	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$W_D =$	$W(1.486) =$	0.40397	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$W_E =$	$W(1.991) =$	0.16741	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$W_F =$	$W(2.570) =$	0.09439	m <sup>3</sup>
G: estradosso trave	$W_G =$	$W(2.600) =$	0.09233	m <sup>3</sup>

##### **Momenti statici**

B: intradosso anima	$S_{p,B} =$	$S^*(0.040) =$	0.03630	m <sup>3</sup>
C: baricentro trave isolata	$S_{p,C} =$	$S^*(1.096) =$	0.05773	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{p,D} =$	$S^*(1.486) =$	0.04653	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{p,E} =$	$S^*(1.991) =$	0.03576	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$S_{p,F} =$	$S^*(2.570) =$	0.03060	m <sup>3</sup>

##### Sezione composta: trave+soletta

Area BT	$A_{BT} =$	0.2530	m <sup>2</sup>
Baricentro BT	$Y_{BT} =$	1.9834	m
Momento di inerzia BT	$J_{BT} =$	0.2783	m <sup>4</sup>
Area LT	$A_{LT} =$	0.1616	m <sup>2</sup>

<b>Baricentro LT</b>		$Y_{LT} =$	<b>1.5393</b>	<b>m</b>
<b>Momento di inerzia LT</b>		$J_{LT} =$	<b>0.1896</b>	<b>m<sup>4</sup></b>
<b>Momenti statici BT</b>				
B: intradosso anima	$S_{B\_BT} =$	$S^*(0.040) =$	0.0591	m <sup>3</sup>
C: baricentro trave isolata	$S_{C\_BT} =$	$S^*(1.096) =$	0.1077	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D\_BT} =$	$S^*(1.486) =$	0.1133	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E\_BT} =$	$S^*(1.991) =$	0.1163	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$S_{F\_BT} =$	$S^*(2.570) =$	0.1111	m <sup>3</sup>
G: estradosso trave	$S_{G\_BT} =$	$S^*(2.600) =$	0.0976	m <sup>3</sup>
<b>Momenti statici LT</b>				
B: intradosso anima	$S_{B\_LT} =$	$S^*(0.040) =$	0.0457	m <sup>3</sup>
C: baricentro trave isolata	$S_{C\_LT} =$	$S^*(1.096) =$	0.0784	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D\_LT} =$	$S^*(1.486) =$	0.0799	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E\_LT} =$	$S^*(1.991) =$	0.0769	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$S_{F\_LT} =$	$S^*(2.570) =$	0.0640	m <sup>3</sup>
G: estradosso trave	$S_{G\_LT} =$	$S^*(2.600) =$	0.0640	m <sup>3</sup>

Larghezza della sezione nei punti B-C-D-E	$b_B =$	0.03	m
Larghezza della sezione nel punto F	$b_F =$	0.75	m

**Verifica delle tensioni sulla sezione**       $x =$       **-14.85 m**

-

### Sollecitazioni agenti sulla sezione

Azione	<b>P</b>	<b>M3</b>	<b>V2*</b>
	<b>kN</b>	<b>kNm</b>	<b>kN</b>
1) Costruzione BT	1315	4433	-1250
2) Costruzione LT	955	5116	-1390
3) SLU - Max	3190	3480	173
4) SLU - Min	-981	-1121	-1383
5) SISMICA - Max	1919	1821	546
6) SISMICA - Min	-1614	-1477	-706
7) Ritiro	-607	894	22

\* Taglio sulla sezione composta

### Punto **A**

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	53.0	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	56.8	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	58.4	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-18.4	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	32.5	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-26.8	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	3.9	MPa

			<b>MPa</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Max - BT</b>	Condizione 1 + 3	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>129.9 ≤ 338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Min - BT</b>	Condizione 1 + 4	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>53.1 ≤ 338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Max - LT</b>	Condizione 2 + 3 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>139.7 ≤ 338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Min - LT</b>	Condizione 2 + 4 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>62.9 ≤ 338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Max - BT</b>	Condizione 1 + 5	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>85.5 ≤ 338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Min - BT</b>	Condizione 1 + 6	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>26.2 ≤ 338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Max - LT</b>	Condizione 2 + 5 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>93.2 ≤ 338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Min - LT</b>	Condizione 2 + 6 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>33.9 ≤ 338</b>

### Punto **B**

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	52.0	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	55.6	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	57.5	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-18.2	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	32.1	MPa

Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-26.4	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	3.7	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	127.7	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	52.0	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	137.0	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	61.3	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	84.0	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	25.5	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	91.3	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	32.8	$\leq$	338

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	8.84	MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	11.18	MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	1.22	MPa
Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	9.78	MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	3.86	MPa
Condizione 6	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	4.99	MPa
Condizione 7	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.16	MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	13.2	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	21.7	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	16.5	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	25.1	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	12.7	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	13.8	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	15.2	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	16.3	$\leq$	338

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0.5} =$	133.1	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0.5} =$	143.7	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0.5} =$	87.4	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0.5} =$	95.6	$\leq$	338	MPa

**Punto                      C**

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	10.2	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	7.4	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	24.8	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-7.6	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	14.9	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-12.5	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-4.7	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>38.6</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>6.2</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>29.1</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-3.3</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>25.1</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-2.3</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>17.6</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-9.8</b>	$\leq$	<b>338</b>

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	16.12	MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	19.17	MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	2.22	MPa
Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	17.83	MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	7.04	MPa
Condizione 6	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	9.10	MPa
Condizione 7	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.28	MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	<b>24.0</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	<b>39.6</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	<b>28.5</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	<b>44.1</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	<b>23.2</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	<b>25.2</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	<b>26.5</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	<b>28.6</b>	$\leq$	<b>338</b>

Verifica tensione globale SLU - BT

$$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$$

**78.7**  $\leq$  **338** MPa

Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	81.7	≤ 338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	50.4	≤ 338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	52.5	≤ 338	MPa

### Punto

### D

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-0.8	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-5.2	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	16.2	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-4.8	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	10.4	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-8.9	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-6.9	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	15.1	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-5.9	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	0.8	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-20.2	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	9.6	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-9.6	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-1.8	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-21.1	≤ 338

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	16.97	MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	19.54	MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	2.34	MPa
Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	18.77	MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	7.41	MPa
Condizione 6	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	9.58	MPa
Condizione 7	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.30	MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	25.3	≤ 338
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	41.7	≤ 338
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	29.1	≤ 338

Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} = 45.5 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} = 24.4 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} = 26.6 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} = 27.2 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} = 29.4 \leq 338$

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	73.8	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	81.4	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	47.0	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	55.1	$\leq 338$	MPa

### Punto

### E

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-16.3	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-23.1	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	4.0	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-0.9	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	4.0	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-3.7	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-10.1	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-18.0	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-22.9	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-39.3	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-44.2	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-12.2	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-20.0	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-29.2	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-36.9	$\leq 338$

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	17.42	MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	18.81	MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	2.40	MPa
Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	19.26	MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	7.60	MPa
Condizione 6	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	9.83	MPa

# Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:  
RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.  
IN0D00DI2CLVI0007013A

Pag.  
85 di 121

Condizione 7  $T_B = (\sqrt{2} S_{p,B^*}) / (J_P b_B) = 0.31 \text{ MPa}$

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} = 25.9 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} = 42.8 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} = 28.2 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} = 45.0 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} = 25.0 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} = 27.3 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} = 26.7 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} = 29.0 \leq 338$

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} = 77.5 \leq 338 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} = 89.7 \leq 338 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} = 51.3 \leq 338 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} = 62.3 \leq 338 \text{ MPa}$

## Punto

## F

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A = -36.8 \text{ MPa}$
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A = -46.8 \text{ MPa}$
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A = -12.1 \text{ MPa}$
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A = 4.3 \text{ MPa}$
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A = -4.4 \text{ MPa}$
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A = 3.1 \text{ MPa}$
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A = -14.2 \text{ MPa}$

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} = -61.7 \leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} = -45.4 \leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} = -92.3 \leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} = -75.9 \leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} = -41.1 \leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} = -33.7 \leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} = -65.4 \leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} = -57.9 \leq 338$

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1  $T_B = (\sqrt{2} S_{p,B^*}) / (J_P b_B) = 0.67 \text{ MPa}$

Condizione 2	$T_B = (V_2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) =$	0.63	MPa
Condizione 3	$T_B = (V_2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) =$	0.09	MPa
Condizione 4	$T_B = (V_2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) =$	0.74	MPa
Condizione 5	$T_B = (V_2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) =$	0.29	MPa
Condizione 6	$T_B = (V_2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) =$	0.38	MPa
Condizione 7	$T_B = (V_2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) =$	0.01	MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	1.0	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	1.6	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	1.0	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	1.6	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	1.0	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	1.0	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	0.9	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	1.0	$\leq$	338

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	61.8	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	92.3	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	41.2	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	65.4	$\leq$	338	MPa

### Punto

### G

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-37.8	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-48.0	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-12.9	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	4.5	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-4.8	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	3.5	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-14.4	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-63.9	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-46.5	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-95.0	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-77.6	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-42.6	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-34.4	$\leq$	338

<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Max - LT</b>	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>-67.2</b> $\leq$ <b>338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Min - LT</b>	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-58.9</b> $\leq$ <b>338</b>

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.58 MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.63 MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.08 MPa
Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.65 MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.26 MPa
Condizione 6	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.33 MPa
Condizione 7	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.01 MPa

<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Max - BT</b>	$T_{B\_BT,max} =$	<b>0.9</b> $\leq$ <b>338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Min - BT</b>	$T_{B\_BT,min} =$	<b>1.4</b> $\leq$ <b>338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Max - LT</b>	$T_{B\_BT,max} =$	<b>0.9</b> $\leq$ <b>338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Min - LT</b>	$T_{B\_BT,min} =$	<b>1.5</b> $\leq$ <b>338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Max - BT</b>	$T_{B\_BT,max} =$	<b>0.8</b> $\leq$ <b>338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Min - BT</b>	$T_{B\_BT,min} =$	<b>0.9</b> $\leq$ <b>338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Max - LT</b>	$T_{B\_BT,max} =$	<b>0.9</b> $\leq$ <b>338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Min - LT</b>	$T_{B\_BT,min} =$	<b>1.0</b> $\leq$ <b>338</b>

<b>Verifica tensione globale SLU - BT</b>	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	<b>64.0</b> $\leq$ <b>338</b> MPa
<b>Verifica tensione globale SLU - LT</b>	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	<b>95.0</b> $\leq$ <b>338</b> MPa
<b>Verifica tensione globale SISMICA - BT</b>	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	<b>42.6</b> $\leq$ <b>338</b> MPa
<b>Verifica tensione globale SISMICA - LT</b>	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	<b>67.2</b> $\leq$ <b>338</b> MPa

### Calcolo della piolatura

Diametro connettore	d =	19 mm
Altezza connettore	$h_{sc} =$	220 mm
Interasse trasversale	$e_{tr} =$	180 mm
Coumero connettori in direzione trasversale	ntr =	3
Coeff. EN 1994-1-1 par. 6.6.3.1	$\alpha =$	1.00
Massimo interasse connettori lungo X	<	537.0 mm
Massima distanza dal bordo	<	219.7 mm
Resistenza connettore (1)	$P_{Rd,1} =$	92.5 kN
Resistenza connettore (2)	$P_{Rd,2} =$	86.5 kN
Resistenza connettori Di progetto (min 1;2)	$P_{Rd} =$	86.5 kN

**Linea AV/AC VERONA – PADOVA****1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO**Titolo:  
RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40MPROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.  
**IN0D00DI2CLVI0007013A**Pag.  
88 di 121

Forza di taglio BT

 $F_{SC\_BT} = 1077 \text{ kN/m}$ 

Forza di taglio LT

 $F_{SC\_LT} = 1093 \text{ kN/m}$ 

Numero di connettori al metro

 $n = 13 \text{ /m}$

### 8.5 Trave sezione 3

#### Caratteristiche della sezione

##### Soletta

Spessore	$h_s =$	0.3	m
Area	$A_s =$	0.7825	m <sup>2</sup>
Baricentro	$Y_s =$	0.0046	m
Momento di inerzia	$J_s =$	0.1688	m <sup>4</sup>

##### Trave isolata

Area	$A_p =$	0.1080	m <sup>2</sup>
Baricentro	$Y_p =$	1.0958	m
Momento di inerzia	$J_p =$	0.1225	m <sup>4</sup>

##### **Modulo di resistenza**

A: intradosso trave	$W_A =$	$W(0.000) =$	0.11177	m <sup>3</sup>
B: intradosso anima	$W_B =$	$W(0.040) =$	0.11601	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$W_D =$	$W(1.486) =$	0.31368	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$W_E =$	$W(1.991) =$	0.13688	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$W_F =$	$W(2.570) =$	0.08309	m <sup>3</sup>
G: estradosso trave	$W_G =$	$W(2.600) =$	0.08143	m <sup>3</sup>

##### **Momenti statici**

B: intradosso anima	$S_{p,B} =$	$S^*(0.040) =$	0.04303	m <sup>3</sup>
C: baricentro trave isolata	$S_{p,C} =$	$S^*(1.096) =$	0.05307	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{p,D} =$	$S^*(1.486) =$	0.04408	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{p,E} =$	$S^*(1.991) =$	0.03653	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$S_{p,F} =$	$S^*(2.570) =$	0.03351	m <sup>3</sup>

##### Sezione composta: trave+soletta

Area BT	$A_{BT} =$	0.2323	m <sup>2</sup>
Baricentro BT	$Y_{BT} =$	1.9907	m
Momento di inerzia BT	$J_{BT} =$	0.2850	m <sup>4</sup>
Area LT	$A_{LT} =$	0.1409	m <sup>2</sup>

<b>Baricentro LT</b>		$Y_{LT} =$	<b>1.4863</b>	<b>m</b>
<b>Momento di inerzia LT</b>		$J_{LT} =$	<b>0.1933</b>	<b>m<sup>4</sup></b>
<b>Momenti statici BT</b>				
B: intradosso anima	$S_{B\_BT} =$	$S^*(0.040) =$	0.0788	m <sup>3</sup>
C: baricentro trave isolata	$S_{C\_BT} =$	$S^*(1.096) =$	0.1059	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D\_BT} =$	$S^*(1.486) =$	0.1108	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E\_BT} =$	$S^*(1.991) =$	0.1131	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$S_{F\_BT} =$	$S^*(2.570) =$	0.1101	m <sup>3</sup>
G: estradosso trave	$S_{G\_BT} =$	$S^*(2.600) =$	0.0967	m <sup>3</sup>
<b>Momenti statici LT</b>				
B: intradosso anima	$S_{B\_LT} =$	$S^*(0.040) =$	0.0587	m <sup>3</sup>
C: baricentro trave isolata	$S_{C\_LT} =$	$S^*(1.096) =$	0.0761	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D\_LT} =$	$S^*(1.486) =$	0.0775	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E\_LT} =$	$S^*(1.991) =$	0.0752	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$S_{F\_LT} =$	$S^*(2.570) =$	0.0669	m <sup>3</sup>
G: estradosso trave	$S_{G\_LT} =$	$S^*(2.600) =$	0.0669	m <sup>3</sup>

Larghezza della sezione nei punti B-C-D-E  $b_B = 0.018$  m  
 Larghezza della sezione nel punto F  $b_F = 0.75$  m

**Verifica delle tensioni sulla sezione**  $x = -7.65$  m

-

**Sollecitazioni agenti sulla sezione**

Azione	P	M3	V2*
	kN	kNm	kN
1) Costruzione BT	2860	9438	-719
2) Costruzione LT	2130	10826	-733
3) SLU - Max	6317	6663	155
4) SLU - Min	-1200	-1253	-1101
5) SISMICA - Max	3368	3139	463
6) SISMICA - Min	-2678	-2382	-585
7) Ritiro	-552	849	-3

\* Taglio sulla sezione composta

### Punto                    A

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	110.9	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	116.6	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	118.1	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-22.3	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	59.3	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-46.1	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	2.5	MPa

**MPa**

<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Max - BT</b>	Condizione 1 + 3	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>267.8</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Min - BT</b>	Condizione 1 + 4	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>127.4</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Max - LT</b>	Condizione 2 + 3 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>278.4</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Min - LT</b>	Condizione 2 + 4 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>138.0</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Max - BT</b>	Condizione 1 + 5	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>170.2</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Min - BT</b>	Condizione 1 + 6	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>64.8</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Max - LT</b>	Condizione 2 + 5 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>178.3</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Min - LT</b>	Condizione 2 + 6 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>72.9</b>	<b><math>\leq 338</math></b>

### Punto                    B

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	107.8	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	113.0	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	115.9	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-21.9	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	58.2	MPa

# Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:  
RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.  
IN0D00DI2CLVI0007013A

Pag.  
92 di 121

Condizione 6  $\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A = -45.3$  MPa  
Condizione 7  $\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A = 2.2$  MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	261.5	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	123.7	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	271.1	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	133.3	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	166.1	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	62.5	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	173.5	$\leq$	338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	69.9	$\leq$	338

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	11.05	MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	12.35	MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	2.39	MPa
Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	16.92	MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	7.12	MPa
Condizione 6	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	8.99	MPa
Condizione 7	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.04	MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	17.3	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	31.8	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	19.1	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	33.6	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	18.2	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	20.0	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	19.5	$\leq$	338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	21.4	$\leq$	338

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0.5} =$	267.2	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0.5} =$	277.3	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0.5} =$	169.7	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0.5} =$	177.4	$\leq$	338	MPa

**Punto                      C**

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	26.5	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	19.7	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	58.5	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-11.1	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	31.2	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-24.8	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-5.1	MPa

<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Max - BT</b>	Condizione 1 + 3	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>94.2</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Min - BT</b>	Condizione 1 + 4	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>24.6</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Max - LT</b>	Condizione 2 + 3 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>78.9</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SLU - Min - LT</b>	Condizione 2 + 4 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>9.4</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Max - BT</b>	Condizione 1 + 5	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>57.6</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Min - BT</b>	Condizione 1 + 6	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>1.7</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Max - LT</b>	Condizione 2 + 5 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,max} =</math></b>	<b>45.8</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Min - LT</b>	Condizione 2 + 6 + 7	<b><math>\sigma_{A\_BT,min} =</math></b>	<b>-10.2</b>	<b><math>\leq 338</math></b>

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	14.84	MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	16.03	MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	3.21	MPa
Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	22.72	MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	9.57	MPa
Condizione 6	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	12.08	MPa
Condizione 7	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.05	MPa

<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Max - BT</b>	<b><math>T_{B\_BT,max} =</math></b>	<b>23.2</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Min - BT</b>	<b><math>T_{B\_BT,min} =</math></b>	<b>42.8</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Max - LT</b>	<b><math>T_{B\_BT,max} =</math></b>	<b>24.9</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Min - LT</b>	<b><math>T_{B\_BT,min} =</math></b>	<b>44.4</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Max - BT</b>	<b><math>T_{B\_BT,max} =</math></b>	<b>24.4</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Min - BT</b>	<b><math>T_{B\_BT,min} =</math></b>	<b>26.9</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Max - LT</b>	<b><math>T_{B\_BT,max} =</math></b>	<b>25.6</b>	<b><math>\leq 338</math></b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Min - LT</b>	<b><math>T_{B\_BT,min} =</math></b>	<b>28.2</b>	<b><math>\leq 338</math></b>

<b>Verifica tensione globale SLU - BT</b>	<b><math>\sigma_{i\_BT} = ( \sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2 )^{0,5} =</math></b>	<b>119.8</b>	<b><math>\leq 338</math></b>	<b>MPa</b>
---	---	--------------	------------------------------	------------

Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 \tau_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	110.2	≤ 338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 \tau_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	74.1	≤ 338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 \tau_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	66.9	≤ 338	MPa

### Punto

### D

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-3.6	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-14.8	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	37.2	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-7.1	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	21.2	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-17.2	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-7.8	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	32.3	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-12.0	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	7.9	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-36.5	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	17.5	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-20.8	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-1.5	≤ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-39.8	≤ 338

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$\tau_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	15.53	MPa
Condizione 2	$\tau_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	16.32	MPa
Condizione 3	$\tau_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	3.36	MPa
Condizione 4	$\tau_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	23.78	MPa
Condizione 5	$\tau_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	10.01	MPa
Condizione 6	$\tau_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	12.64	MPa
Condizione 7	$\tau_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.06	MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$\tau_{B\_BT,max} =$	24.3	≤ 338
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$\tau_{B\_BT,min} =$	44.7	≤ 338
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$\tau_{B\_BT,max} =$	25.5	≤ 338

Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} = 45.9 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} = 25.5 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} = 28.2 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} = 26.4 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} = 29.0 \leq 338$

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	84.0	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	87.4	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	53.0	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	64.1	$\leq 338$	MPa

### Punto

### E

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-42.5	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-59.4	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	9.8	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-2.0	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	8.2	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-7.4	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-11.3	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-47.6	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-59.3	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-83.9	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-95.7	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-34.2	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-49.9	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-62.5	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-78.1	$\leq 338$

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	15.85	MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	15.83	MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	3.43	MPa
Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	24.27	MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	10.22	MPa
Condizione 6	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	12.90	MPa

# Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:  
RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.  
IN0D00DI2CLVI0007013A

Pag.  
96 di 121

Condizione 7  $T_B = (V_2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) = 0.06 \text{ MPa}$

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} = 24.8 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} = 45.7 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} = 24.9 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} = 45.7 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} = 26.1 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} = 28.8 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} = 26.1 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} = 28.8 \leq 338$

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} = 98.9 \leq 338 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} = 124.2 \leq 338 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} = 70.5 \leq 338 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} = 92.6 \leq 338 \text{ MPa}$

## Punto F

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M_3 / W_A = -87.1 \text{ MPa}$
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M_3 / W_A = -110.6 \text{ MPa}$
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M_3 / W_A = -21.7 \text{ MPa}$
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M_3 / W_A = 4.0 \text{ MPa}$
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M_3 / W_A = -6.6 \text{ MPa}$
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M_3 / W_A = 3.9 \text{ MPa}$
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M_3 / W_A = -15.3 \text{ MPa}$

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} = -139.3 \leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} = -113.6 \leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} = -189.4 \leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} = -163.7 \leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} = -93.7 \leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} = -83.2 \leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} = -132.5 \leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} = -122.0 \leq 338$

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1  $T_B = (V_2 S_{p,B^*}) / (J_P b_B) = 0.37 \text{ MPa}$

Condizione 2	$T_B = (V_2 S_{p,B}^*) / (J_P b_B) =$	0.34	MPa
Condizione 3	$T_B = (V_2 S_{p,B}^*) / (J_P b_B) =$	0.08	MPa
Condizione 4	$T_B = (V_2 S_{p,B}^*) / (J_P b_B) =$	0.57	MPa
Condizione 5	$T_B = (V_2 S_{p,B}^*) / (J_P b_B) =$	0.24	MPa
Condizione 6	$T_B = (V_2 S_{p,B}^*) / (J_P b_B) =$	0.30	MPa
Condizione 7	$T_B = (V_2 S_{p,B}^*) / (J_P b_B) =$	0.00	MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	0.6	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	1.1	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	0.5	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	1.0	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	0.6	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	0.7	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	0.6	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	0.6	$\leq 338$

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	139.4	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	189.4	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	93.7	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	132.5	$\leq 338$	MPa

### Punto

### G

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M_3 / W_A =$	-89.4	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M_3 / W_A =$	-113.2	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M_3 / W_A =$	-23.4	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M_3 / W_A =$	4.3	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M_3 / W_A =$	-7.4	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M_3 / W_A =$	4.5	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M_3 / W_A =$	-15.5	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-144.1	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-116.5	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-194.9	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-167.2	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-96.8	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-85.0	$\leq 338$

<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Max - LT</b>	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>-136.1</b>	<b>≤ 338</b>
<b>Tensione <math>\sigma</math>: SISMICA - Min - LT</b>	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-124.3</b>	<b>≤ 338</b>

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.33	MPa
Condizione 2	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.34	MPa
Condizione 3	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.07	MPa
Condizione 4	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.50	MPa
Condizione 5	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.21	MPa
Condizione 6	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.26	MPa
Condizione 7	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.00	MPa

<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Max - BT</b>	$T_{B\_BT,max} =$	<b>0.5</b>	<b>≤ 338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Min - BT</b>	$T_{B\_BT,min} =$	<b>0.9</b>	<b>≤ 338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Max - LT</b>	$T_{B\_BT,max} =$	<b>0.5</b>	<b>≤ 338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SLU - Min - LT</b>	$T_{B\_BT,min} =$	<b>1.0</b>	<b>≤ 338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Max - BT</b>	$T_{B\_BT,max} =$	<b>0.5</b>	<b>≤ 338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Min - BT</b>	$T_{B\_BT,min} =$	<b>0.6</b>	<b>≤ 338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Max - LT</b>	$T_{B\_BT,max} =$	<b>0.5</b>	<b>≤ 338</b>
<b>Tensione <math>\tau</math>: SISMICA - Min - LT</b>	$T_{B\_BT,min} =$	<b>0.6</b>	<b>≤ 338</b>

<b>Verifica tensione globale SLU - BT</b>	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	<b>144.1</b>	<b>≤ 338</b>	<b>MPa</b>
<b>Verifica tensione globale SLU - LT</b>	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	<b>194.9</b>	<b>≤ 338</b>	<b>MPa</b>
<b>Verifica tensione globale SISMICA - BT</b>	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	<b>96.8</b>	<b>≤ 338</b>	<b>MPa</b>
<b>Verifica tensione globale SISMICA - LT</b>	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	<b>136.2</b>	<b>≤ 338</b>	<b>MPa</b>

### Calcolo della piolatura

Diametro connettore	d =	19	mm
Altezza connettore	$h_{sc} =$	220	mm
Interasse trasversale	$e_{tr} =$	180	mm
Coumero connettori in direzione trasversale	ntr =	3	
Coeff. EN 1994-1-1 par. 6.6.3.1	$\alpha =$	1.00	
Massimo interasse connettori lungo X	<	537.0	mm
Massima distanza dal bordo	<	219.7	mm
Resistenza connettore (1)	$P_{Rd,1} =$	92.5	kN
Resistenza connettore (2)	$P_{Rd,2} =$	86.5	kN
Resistenza connettori Di progetto (min 1;2)	$P_{Rd} =$	86.5	kN

**Linea AV/AC VERONA – PADOVA****1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO**

Titolo:

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.

IN0D00DI2CLVI0007013A

Pag.

99 di 121

Forza di taglio BT

 $F_{SC\_BT} = 703 \text{ kN/m}$ 

Forza di taglio LT

 $F_{SC\_LT} = 724 \text{ kN/m}$ 

Numero di connettori al metro

 $n = 9 \text{ /m}$

### 8.6 Trave sezione 4

#### Caratteristiche della sezione

##### Soletta

Spessore	$h_s =$	<b>0.3</b>	m
Area	$A_s =$	<b>0.7825</b>	m <sup>2</sup>
Baricentro	$Y_s =$	<b>0.0046</b>	m
Momento di inerzia	$J_s =$	<b>0.1688</b>	m <sup>4</sup>

##### Trave isolata

Area	$A_p =$	<b>0.1080</b>	m <sup>2</sup>
Baricentro	$Y_p =$	<b>1.0958</b>	m
Momento di inerzia	$J_p =$	<b>0.1225</b>	m <sup>4</sup>

##### **Modulo di resistenza**

A: intradosso trave	$W_A =$	$W(0.000) =$	<b>0.11177</b>	m <sup>3</sup>
B: intradosso anima	$W_B =$	$W(0.040) =$	<b>0.11601</b>	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$W_D =$	$W(1.486) =$	<b>0.31368</b>	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$W_E =$	$W(1.991) =$	<b>0.13688</b>	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$W_F =$	$W(2.570) =$	<b>0.08309</b>	m <sup>3</sup>
G: estradosso trave	$W_G =$	$W(2.600) =$	<b>0.08143</b>	m <sup>3</sup>

##### **Momenti statici**

B: intradosso anima	$S_{p,B} =$	$S^*(0.040) =$	<b>0.04303</b>	m <sup>3</sup>
C: baricentro trave isolata	$S_{p,C} =$	$S^*(1.096) =$	<b>0.05307</b>	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{p,D} =$	$S^*(1.486) =$	<b>0.04408</b>	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{p,E} =$	$S^*(1.991) =$	<b>0.03653</b>	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$S_{p,F} =$	$S^*(2.570) =$	<b>0.03351</b>	m <sup>3</sup>

##### Sezione composta: trave+soletta

Area BT	$A_{BT} =$	<b>0.2323</b>	m <sup>2</sup>
Baricentro BT	$Y_{BT} =$	<b>1.9907</b>	m
Momento di inerzia BT	$J_{BT} =$	<b>0.2850</b>	m <sup>4</sup>
Area LT	$A_{LT} =$	<b>0.1409</b>	m <sup>2</sup>

<b>Baricentro LT</b>		$Y_{LT} =$	<b>1.4863</b>	<b>m</b>
<b>Momento di inerzia LT</b>		$J_{LT} =$	<b>0.1933</b>	<b>m<sup>4</sup></b>
<b>Momenti statici BT</b>				
B: intradosso anima	$S_{B\_BT} =$	$S*(0.040) =$	0.0788	m <sup>3</sup>
C: baricentro trave isolata	$S_{C\_BT} =$	$S*(1.096) =$	0.1059	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D\_BT} =$	$S*(1.486) =$	0.1108	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E\_BT} =$	$S*(1.991) =$	0.1131	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$S_{F\_BT} =$	$S*(2.570) =$	0.1101	m <sup>3</sup>
G: estradosso trave	$S_{G\_BT} =$	$S*(2.600) =$	0.0967	m <sup>3</sup>
<b>Momenti statici LT</b>				
B: intradosso anima	$S_{B\_LT} =$	$S*(0.040) =$	0.0587	m <sup>3</sup>
C: baricentro trave isolata	$S_{C\_LT} =$	$S*(1.096) =$	0.0761	m <sup>3</sup>
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D\_LT} =$	$S*(1.486) =$	0.0775	m <sup>3</sup>
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E\_LT} =$	$S*(1.991) =$	0.0752	m <sup>3</sup>
F: Estradosso anima	$S_{F\_LT} =$	$S*(2.570) =$	0.0669	m <sup>3</sup>
G: estradosso trave	$S_{G\_LT} =$	$S*(2.600) =$	0.0669	m <sup>3</sup>

Larghezza della sezione nei punti B-C-D-E  $b_B = 0.018$  m

Larghezza della sezione nel punto F  $b_F = 0.75$  m

**Verifica delle tensioni sulla sezione**  $x = 0.00$  m

-

**Sollecitazioni agenti sulla sezione**

Azione	P	M3	V2*
	kN	kNm	kN
1) Costruzione BT	3437	11201	-9
2) Costruzione LT	2559	12852	-11
3) SLU - Max	7368	7624	305
4) SLU - Min	-1151	-1200	-364
5) SISMICA - Max	3614	3480	335
6) SISMICA - Min	-2775	-2581	-343
7) Ritiro	-535	855	0

\* Taglio sulla sezione composta

### Punto A

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	132.0	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	138.7	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	136.4	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-21.4	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	64.6	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-48.8	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	2.7	MPa

			MPa
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>314.6</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>156.8</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>326.8</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>169.1</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>196.6</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>83.2</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>206.0</b> $\leq$ <b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>92.6</b> $\leq$ <b>338</b>

### Punto B

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	128.4	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	134.5	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	133.9	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-21.0	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	63.5	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-47.9	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	2.4	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	307.2 $\leq$ 338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	152.3 $\leq$ 338
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	318.4 $\leq$ 338
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	163.4 $\leq$ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	191.8 $\leq$ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	80.4 $\leq$ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	200.3 $\leq$ 338
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	89.0 $\leq$ 338

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.14 MPa
Condizione 2	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.19 MPa
Condizione 3	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	4.68 MPa
Condizione 4	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	5.59 MPa
Condizione 5	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	5.15 MPa
Condizione 6	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	5.27 MPa
Condizione 7	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.01 MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	4.9 $\leq$ 338
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	5.8 $\leq$ 338
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	4.9 $\leq$ 338
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	5.9 $\leq$ 338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	5.3 $\leq$ 338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	5.4 $\leq$ 338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	5.3 $\leq$ 338
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	5.5 $\leq$ 338

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	307.4 $\leq$ 338 MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	318.5 $\leq$ 338 MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	192.0 $\leq$ 338 MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	200.6 $\leq$ 338 MPa

Punto

C

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	31.8	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	23.7	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	68.2	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-10.7	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	33.4	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-25.7	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-5.0	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	111.1	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	32.3	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	94.2	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	15.4	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	65.3	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	6.1	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	52.2	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-6.9	$\leq 338$

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.18	MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.25	MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	6.29	MPa
Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	7.51	MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	6.92	MPa
Condizione 6	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	7.08	MPa
Condizione 7	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.01	MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	6.5	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	7.8	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	6.6	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	7.8	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	7.1	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	7.3	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	7.2	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	7.3	$\leq 338$

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0.5} =$	111.9	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0.5} =$	95.2	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0.5} =$	66.5	$\leq 338$	MPa

Verifica tensione globale SISMICA - LT

$$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 \tau_{B\_LT}^2)^{0,5} =$$

**53.7 ≤ 338 MPa**

Punto

D

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-3.9 MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-17.3 MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	43.9 MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-6.8 MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	22.4 MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-17.5 MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-7.7 MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>38.6 ≤ 338</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-12.1 ≤ 338</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>11.3 ≤ 338</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-39.4 ≤ 338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>18.5 ≤ 338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-21.4 ≤ 338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>-2.6 ≤ 338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-42.4 ≤ 338</b>

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$\tau_B = (V2 S_{p\_B}^*) / (J_P b_B) =$	0.19 MPa
Condizione 2	$\tau_B = (V2 S_{p\_B}^*) / (J_P b_B) =$	0.25 MPa
Condizione 3	$\tau_B = (V2 S_{p\_B}^*) / (J_P b_B) =$	6.58 MPa
Condizione 4	$\tau_B = (V2 S_{p\_B}^*) / (J_P b_B) =$	7.86 MPa
Condizione 5	$\tau_B = (V2 S_{p\_B}^*) / (J_P b_B) =$	7.24 MPa
Condizione 6	$\tau_B = (V2 S_{p\_B}^*) / (J_P b_B) =$	7.40 MPa
Condizione 7	$\tau_B = (V2 S_{p\_B}^*) / (J_P b_B) =$	0.01 MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$\tau_{B\_BT,max} =$	<b>6.8 ≤ 338</b>
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$\tau_{B\_BT,min} =$	<b>8.1 ≤ 338</b>
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$\tau_{B\_BT,max} =$	<b>6.9 ≤ 338</b>
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$\tau_{B\_BT,min} =$	<b>8.2 ≤ 338</b>
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$\tau_{B\_BT,max} =$	<b>7.4 ≤ 338</b>

Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} = 7.6 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} = 7.5 \leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} = 7.7 \leq 338$

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	41.1	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	41.9	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	25.1	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	44.4	$\leq 338$	MPa

### Punto

### E

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-50.0	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-70.2	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	12.5	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-1.9	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	8.0	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-6.8	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-11.2	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-55.0	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-69.4	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-95.7	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-110.1	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-42.0	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-56.9	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-73.4	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-88.2	$\leq 338$

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_p b_B) =$	0.19	MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_p b_B) =$	0.24	MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_p b_B) =$	6.72	MPa
Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_p b_B) =$	8.02	MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_p b_B) =$	7.39	MPa
Condizione 6	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_p b_B) =$	7.56	MPa
Condizione 7	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_p b_B) =$	0.01	MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	<b>7.0</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	<b>8.3</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	<b>7.1</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	<b>8.4</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	<b>7.6</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	<b>7.8</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	<b>7.6</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	<b>7.8</b>	$\leq$	<b>338</b>

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	<b>70.9</b>	$\leq$	<b>338</b>	<b>MPa</b>
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	<b>111.1</b>	$\leq$	<b>338</b>	<b>MPa</b>
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	<b>58.4</b>	$\leq$	<b>338</b>	<b>MPa</b>
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	<b>89.3</b>	$\leq$	<b>338</b>	<b>MPa</b>

### Punto

### F

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-103.0	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-131.0	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-23.6	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	3.8	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-8.4	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	5.4	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-15.2	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>-162.6</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-135.3</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>-218.7</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-191.3</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>-111.4</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-97.6</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	<b>-154.7</b>	$\leq$	<b>338</b>
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	<b>-140.9</b>	$\leq$	<b>338</b>

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_p b_B) =$	0.00	MPa
Condizione 2	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_p b_B) =$	0.01	MPa
Condizione 3	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_p b_B) =$	0.16	MPa

Condizione 4	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.19	MPa
Condizione 5	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.17	MPa
Condizione 6	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.18	MPa
Condizione 7	$T_B = (V2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.00	MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	0.2	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	0.2	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	0.2	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	0.2	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	0.2	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	0.2	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	0.2	$\leq 338$
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	0.2	$\leq 338$

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	162.6	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	218.7	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	111.4	$\leq 338$	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	154.7	$\leq 338$	MPa

### Punto

### G

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-105.7	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-134.1	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-25.4	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	4.1	MPa
Condizione 5	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-9.3	MPa
Condizione 6	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	6.0	MPa
Condizione 7	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-15.5	MPa

Tensione $\sigma$ : SLU - Max - BT	Condizione 1 + 3	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-168.2	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - BT	Condizione 1 + 4	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-138.7	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Max - LT	Condizione 2 + 3 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-225.1	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SLU - Min - LT	Condizione 2 + 4 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-195.6	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - BT	Condizione 1 + 5	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-115.0	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - BT	Condizione 1 + 6	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-99.7	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Max - LT	Condizione 2 + 5 + 7	$\sigma_{A\_BT,max} =$	-158.9	$\leq 338$
Tensione $\sigma$ : SISMICA - Min - LT	Condizione 2 + 6 + 7	$\sigma_{A\_BT,min} =$	-143.6	$\leq 338$

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.00	MPa
Condizione 2	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.01	MPa
Condizione 3	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.14	MPa
Condizione 4	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.16	MPa
Condizione 5	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.15	MPa
Condizione 6	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.16	MPa
Condizione 7	$T_B = (V_2 S_{p\_B^*}) / (J_P b_B) =$	0.00	MPa

Tensione $\tau$ : SLU - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	0.1	$\leq$	338	MPa
Tensione $\tau$ : SLU - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	0.2	$\leq$	338	MPa
Tensione $\tau$ : SLU - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	0.1	$\leq$	338	MPa
Tensione $\tau$ : SLU - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	0.2	$\leq$	338	MPa
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - BT	$T_{B\_BT,max} =$	0.2	$\leq$	338	MPa
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - BT	$T_{B\_BT,min} =$	0.2	$\leq$	338	MPa
Tensione $\tau$ : SISMICA - Max - LT	$T_{B\_BT,max} =$	0.2	$\leq$	338	MPa
Tensione $\tau$ : SISMICA - Min - LT	$T_{B\_BT,min} =$	0.2	$\leq$	338	MPa

Verifica tensione globale SLU - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	168.2	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SLU - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	225.1	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - BT	$\sigma_{i\_BT} = (\sigma_{B\_BT}^2 + 3 T_{B\_BT}^2)^{0,5} =$	115.0	$\leq$	338	MPa
Verifica tensione globale SISMICA - LT	$\sigma_{i\_LT} = (\sigma_{B\_LT}^2 + 3 T_{B\_LT}^2)^{0,5} =$	158.9	$\leq$	338	MPa

### Calcolo della piolatura

Diametro connettore	$d =$	19	mm
Altezza connettore	$h_{sc} =$	220	mm
Interasse trasversale	$e_{tr} =$	180	mm
Coumero connettori in direzione trasversale	$n_{tr} =$	3	
Coeff. EN 1994-1-1 par. 6.6.3.1	$\alpha =$	1.00	
Massimo interasse connettori lungo X	$<$	537.0	mm
Massima distanza dal bordo	$<$	219.7	mm
Resistenza connettore (1)	$P_{Rd,1} =$	92.5	kN
Resistenza connettore (2)	$P_{Rd,2} =$	86.5	kN
Resistenza connettore Di progetto (min 1;2)	$P_{Rd} =$	86.5	kN
Forza di taglio BT	$F_{SC,BT} =$	127	kN/m

# Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.

IN0D00DI2CLVI0007013A

Pag.

110 di 121

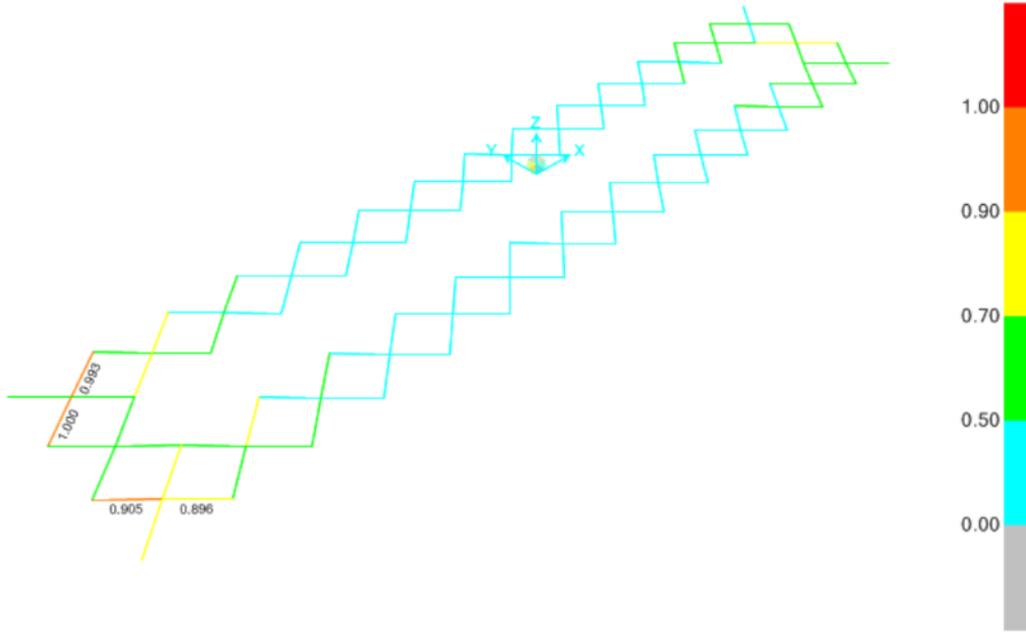
Forza di taglio LT

Numero di connettori al metro

$F_{SC\_LT} = 131 \text{ kN/m}$

$n = 2 \text{ /m}$

**8.7 Verifiche controventi di piano 2L 100X10 (20)**



Italian NTC 2008 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 4            X Mid: -18.300    Combo: SLU-TRAFF-BT    Design Type: Beam  
Length: 1.962      Y Mid: 2.063       Shape: 2L100X10/0/      Frame Type: DCL-MRF  
Loc : 1.962        Z Mid: -1.080      Class: Class 4          Rolled : Yes

Interaction=Method 2 (Annex B)      MultiResponse=Envelopes      P-Delta Done? No

GammaM0=1.05      GammaM1=1.10      GammaM2=1.25  
An/Ag=1.00        RLLF=1.000        PLLF=0.750        D/C Lim=1.000

Aeff=0.004        eNy=0.000        eNz=0.000  
A=0.004            Iyy=3.533E-06    iyy=0.030        Wel,yy=4.922E-05    Weff,yy=1.252E-04  
It=0.000           Izz=6.585E-06    izz=0.041        Wel,zz=6.585E-05    Weff,zz=6.585E-05  
Iw=0.000           Iyz=0.000        h=0.100        Wpl,yy=9.095E-05    Av,z=0.002  
E=210000000.0    fy=355000.000    fu=510000.000    Wpl,zz=1.081E-04    Av,y=0.002

Iyz=0.000        Imax=6.585E-06    imax=0.041        Wel,zz,maj=6.585E-05  
Rot= 90 deg      Imin=3.533E-06    imin=0.030        Wel,zz,min=4.922E-05

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1.962	-339.706	0.000	0.000	-0.093	-0.202	-9.127E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	N Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
6.3.3(4)-6.61	1.000	= 0.980	+ 0.007	+ 0.013	1.000	OK

### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity				
Axial	-339.706	1295.243	1295.243				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	1295.243	1406.743	3204.981	2373.447	1.000		
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	b 0.340	475.413	1.691	2.184	0.280	346.769	
MajorB(y-y)	b 0.340	475.413	1.691	2.184	0.280	346.769	
Minor (z-z)	b 0.340	3544.407	0.619	0.763	0.827	1022.706	
MinorB(z-z)	b 0.340	3544.407	0.619	0.763	0.827	1022.706	
Torsional TF	b 0.340	2373.447	0.757	0.881	0.751	928.006	

### MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0.000	-0.183	42.328	42.328	42.328	39.740	
Minor (z-z)	0.000	-0.397	22.264	22.264	22.264		
LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
	d	0.760	0.221	0.532	0.984	1.880	358.048
Factors	kyy	kzy	kzz	kzy	kzz		
	1.588	0.674	0.971	0.674			

### SHEAR DESIGN

	Ved Force	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion
Major (z)	0.093	390.399	0.000	OK	0.002
Minor (y)	0.202	324.031	0.001	OK	0.002
Reduction	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
	390.399	1.000	0.128		

### CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0.152	0.152

## 9 VERIFICHE SLE

### 9.1 Verifiche deformative

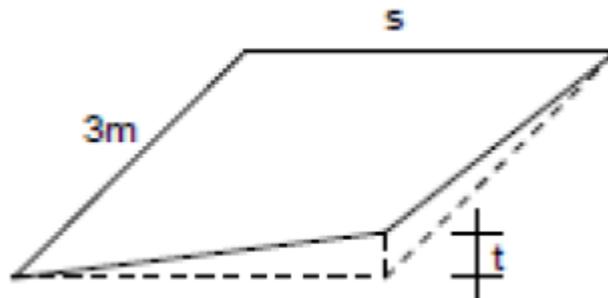
#### 9.1.1 Accelerazioni verticali sull'impalcato

Per la verifiche sulle limitazioni imposte sulle accelerazioni verticali sull'impalcato si rimanda alla sezione Analisi Dinamica.

#### 9.1.1.1 Deformazioni torsionali sull'impalcato

La valutazione dello sghembo massimo si è ottenuta attraverso il calcolo degli spostamenti dei binari, considerati solidali all'impalcato, in presenza dei convogli LM71 ed SW/2, considerando l'opportuno incremento dinamico  $\Phi_2$  e del coefficiente  $\alpha$ .

Poiché la velocità di progetto è superiore a 200 km/h il massimo sghembo ammissibile è 1.5 mm / 3 m.



In particolare, per la velocità di progetto considerata si deve anche garantire che lo sghembo ottenuto dal passaggio dei treni reali, con gli opportuni incrementi dinamici, risulti inferiore a 1.2 mm / 3 m.

Per il ponte il convoglio che induce le deformazioni maggiori è l'SW/2, per cui si riportano i valori dello sghembo ottenuti per quest'ultimo convoglio.

SW2 – binario 1:

$$t_{\max} = 0.665 \text{ mm} < 1.2 \text{ mm}$$

(SW2 – binario 1) + (LM71 - binario 2):

$$t_{\max} = 1.098 \text{ mm} < 1.2 \text{ mm}$$

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 114 di 121

LM71 – binario 1:

$$t_{max} = 0.441 \text{ mm} < 1.2 \text{ mm}$$

(LM71 – binario 1) + (LM71 - binario 2):

$$t_{max} = 0.908 \text{ mm} < 1.2 \text{ mm}$$

### 9.1.1.2 Inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato

Le verifiche deformative nel piano orizzontale sono condotte considerando il solo convoglio LM71, opportunamente incrementato dei coefficienti  $\Phi_2$  e  $\alpha$ . In concomitanza con i carichi del convoglio si considerano gli effetti di vento, temperatura, serpeggio e forza centrifuga, combinate secondo la combinazione rara degli stati limite di esercizio.

La variazione angolare ed il raggio di curvatura derivanti dall'inflessione nel piano orizzontale, indotta da queste azioni, devono rispettare i limiti riportati nella seguente tabella.

Velocità [km/h]	Variazione Angolare massima	Raggio minimo di curvatura	
		Singola campata	Più campate
$V \leq 120$	0,0035 rd	1700 m	3500 m
$120 < V \leq 200$	0,0020 rd	6000 m	9500 m
$200 < V$	0,0015 rd	14000 m	17500 m

La verifica risulta soddisfatta in quanto i valori ottenuti dal modello di calcolo rispettano i limiti prescritti:

$$\delta_h = 2.461 \text{ mm} \Rightarrow R = 81268 \text{ m} > 14000 \text{ m}$$

$$\theta_{max} = 0.00008 \text{ rad} < 0.0015 \text{ rad}$$

### 9.1.1.3 Inflessione nel piano verticale dell'impalcato

Le verifiche deformative nel piano verticale devono tenere conto dei soli effetti dovuti ai carichi verticali relativi ai convogli LM71 e SW/2, comprensivi degli incrementi ( $\Phi_2$  e  $\alpha$ ). Il

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 115 di 121

numero di binari considerati carichi, per questa tipologia di verifica, sarà dato dalla combinazione dei convogli che realizza la maggiore deformazione.

Perché la verifica risulti soddisfatta, tali carichi no dovranno indurre nell'iMPalcato una inflessione maggiore del limite  $L/600$ , essendo L la luce del ponte.

In questo caso si ottiene  $L/600 = 40/600 = 125$  mm

La freccia massima ottenuta dal modello di calcolo è

$$\delta_v = 27.53 \text{ mm} < 66.67 \text{ mm} = L/600$$

Una ulteriore prescrizione in relazione alla deformazione nel piano verticale limita lo spostamento orizzontale massimo del piano di posa del ballast, conseguente all'inflessione verticale dell'iMPalcato, ad 8 mm. Nel caso di ponti a due binari questo requisito deve essere verificato considerando un solo binario carico (vedere nota 6 pag. 95 RFI).

Tale prescrizione può essere garantita limitando la massima rotazione di estremità a

$$\theta < 8/H = 0.002105 \text{ [rad]}$$

essendo  $H = 2920$  mm la distanza del piano ferro dal centro di rotazione dell'appoggio.

Si adotta un coefficiente di incremento dinamico considerando come lunghezza caratteristica metà della luce del ponte

$$\Phi_2 = 1.06$$

Distanza del piano ferro dal centro di rotazione dell'appoggio

$$H_{pf} = 3800 \text{ mm}$$

Nodo	$\theta$	
	rad	
A	<b>0.001364</b>	<b>&lt; 8/H<sub>pf</sub></b>
B	<b>-0.001389</b>	<b>&lt; 8/H<sub>pf</sub></b>

Nodo	$\delta_h$	
	mm	
A	<b>5.18</b>	<b>&lt; 8 mm</b>
B	<b>5.28</b>	<b>&lt; 8 mm</b>

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 116 di 121

#### 9.1.1.4 Stato limite di comfort dei passeggeri

Il controllo della freccia massima verticale del ponte consente di limitare la massima accelerazione verticale in carrozza per garantire il comfort di marcia dei passeggeri.

Tale spostamento è valutato in asse al binario al passaggio del solo convoglio LM71, con gli opportuni incrementi ( $\Phi_2$  e  $\alpha$ ). In questa particolare verifica, al fine di massimizzare gli effetti, si considera un solo binario carico.

Un primo requisito è che in questo caso la freccia verticale non superi il valore di  $L/1000 = 40/1000 = 75$  mm.

$$\delta_v = 14.98 \text{ mm} < 40 \text{ mm} = L/1000$$

Poiché la luce del ponte è superiore a 30 m una ulteriore prescrizione impone che il raggio di curvatura dovuto all'inflessione verticale non sia inferiore al valore ottenuto dalla seguente formula

$$R_{\min} = V^2/0.48 = 10047 \text{ m}$$

Il raggio di curvatura conseguente alla freccia verticale  $\delta_v$  è

$$R = 13350 \text{ m} > 10047 \text{ m} \text{ cui corrisponde una accelerazioni di } 0.361 \text{ m/s}^2 < 0.48.$$

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D00DI2CLVI0007013A</b>	Pag. 117 di 121

## 10 VERIFICHE A FATICA

Le verifiche a fatica sono effettuate nel rispetto della specifica RFI, adottando il metodo dei coefficienti  $\lambda$ . In questo modo la verifica a fatica si riconduce ad una verifica tensionale. Di seguito si riportano i risultati delle verifiche relative alla trave nei punti di maggiore sollecitazione.

Coefficiente dinamico per le azioni longitudinali:

$$\Phi_2 = 1.44 / (L_\Phi^{0.5} - 0.2) + 0.82 = 1.06 \quad \text{con } L_\Phi = 38 \text{ m}$$

Coefficiente  $\lambda_1$  per le azioni longitudinali:

$$\lambda_1 = 0.64 \quad \text{con } L_\Phi = 40 \text{ m}$$

### 10.1 Trave Sezione di appoggio

Verifica delle tensioni sulla sezione  $x = -18.60$  m

Sollecitazioni agenti sulla sezione

Azione	P	M3	V2*
	kN	kNm	kN
1) LM71 bin 1 - Max	19	38	4
2) LM71 bin 1 - Min	-46	-66	-820
3) LM71 bin 2 - Max	154	182	6
4) LM71 bin 2 - Min	-3	-4	-222

\* Taglio sulla sezione composta

Dettaglio	$\Delta\sigma_c$	63	MPa
Coeff. Parz.	$\gamma_{Mf}$	1.35	
$\Delta\sigma_{Lim} = k_s \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} =$		41.49	MPa

Punto

B

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	0.5	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-1.0	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	2.9	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-0.1	MPa
Condizione 1 + 3	$\sigma =$	3.4	MPa
Condizione 2 + 4	$\sigma =$	-1.0	MPa

Massima variazione tensionale:

$$\Delta\sigma_{LM71} = 1.5 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{LM71} = 4.5 \text{ MPa}$$

$\Phi_2$	1.06
$\lambda_1$	0.64
$\lambda_2$	1
$\lambda_3$	1
$\lambda_4$	0.841

$$\Delta\sigma_{E,d} = \mathbf{0.8 \text{ MPa}}$$

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$\tau_B = (V2 \ S_{p\_B}^*) / (J_P \ b_B) =$	0.03	MPa
Condizione 2	$\tau_B = (V2 \ S_{p\_B}^*) / (J_P \ b_B) =$	6.59	MPa
Condizione 3	$\tau_B = (V2 \ S_{p\_B}^*) / (J_P \ b_B) =$	0.04	MPa
Condizione 4	$\tau_B = (V2 \ S_{p\_B}^*) / (J_P \ b_B) =$	1.57	MPa
Condizione 1 + 3	$\tau =$	0.1	MPa
Condizione 2 + 4	$\tau =$	8.2	MPa

$\Phi_2$	1.06
$\lambda_1$	0.76
$\lambda_2$	1
$\lambda_3$	1
$\lambda_4$	0.994

$$\Delta\tau_{E,d} = \mathbf{6.5 \text{ MPa}}$$

$$(\Delta\sigma_{E,d}^2 + \Delta\tau_{E,d}^2)^{0.5} = \mathbf{11.36 \text{ MPa}} \quad \begin{matrix} <1 \\ \mathbf{0.27} \end{matrix}$$

\* in appoggio la luce caratteristica è pari a  $0.4L = 15.2 \text{ m}$

### 10.2 Trave Sezione di mezzeria

Verifica delle tensioni sulla sezione  $x = -14.85$  m

Sollecitazioni agenti sulla sezione

Azione	P	M3	V2*
	kN	kNm	kN
1) LM71 bin 1 - Max	2470	2661	149
2) LM71 bin 1 - Min	-18	-20	-192
3) LM71 bin 2 - Max	1461	1565	17
4) LM71 bin 2 - Min	-16	-15	-11

\* Taglio sulla sezione composta

Dettaglio	$\Delta\sigma_c$	63	MPa
Coeff. Parz.	$\gamma_{Mf}$	1.35	
$\Delta\sigma_{Lim} = k_s \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} =$		41.49	MPa

Punto

B

Calcolo della tensione nel punto considerato

Condizione 1	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	44.4	MPa
Condizione 2	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-0.3	MPa
Condizione 3	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	26.2	MPa
Condizione 4	$\sigma_A = P / A_p + M3 / W_A =$	-0.3	MPa
Condizione 1 + 3	$\sigma =$	70.7	MPa
Condizione 2 + 4	$\sigma =$	-0.6	MPa

Massima variazione tensionale:

$$\Delta\sigma_{LM71} = 44.8 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{LM71} = 71.3 \text{ MPa}$$

$\Phi_2$	1.06
$\lambda_1$	0.64
$\lambda_2$	1
$\lambda_3$	1
$\lambda_4$	0.833

$$\Delta\sigma_{E,d} = 25.3 \text{ MPa}$$

Calcolo della tensione di taglio:

Condizione 1	$T_B = (V_2 S_{p,B}^*) / (J_P b_B) =$	2.00	MPa
Condizione 2	$T_B = (V_2 S_{p,B}^*) / (J_P b_B) =$	2.85	MPa
Condizione 3	$T_B = (V_2 S_{p,B}^*) / (J_P b_B) =$	0.22	MPa
Condizione 4	$T_B = (V_2 S_{p,B}^*) / (J_P b_B) =$	0.15	MPa
Condizione 1 + 3	$\tau =$	2.2	MPa
Condizione 2 + 4	$\tau =$	3.0	MPa

$\Phi_2$	1.06
$\lambda_1$	0.64
$\lambda_2$	1
$\lambda_3$	1
$\lambda_4$	0.864

$$\Delta\tau_{E,d} = 1.8 \text{ MPa}$$

<1

$$(\Delta\sigma_{E,d}^2 + \Delta\tau_{E,d}^2)^{0.5} = 25.51 \text{ MPa} \quad 0.61$$