

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:
ATI bonifica Progettista integratore	Conorzio 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	O	D	0	0	D	I	2	C	L	V	I	0	0	0	7	0	0	5	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ATI bonifica	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	Maggio 2015	G. Nizzi	Maggio 2015	F.P. Bocchetto	Maggio 2015	F. Momoni	Luglio 2015
B	REVISIONE ISTRUTTORIA ITALFERR	A. Arena	Luglio 2015	G. Nizzi	Luglio 2015	F.P. Bocchetto	Luglio 2015		

File: IN0D00DI2CLVI0007005B_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
6.5	Stato di Sollecitazione	43

7	ANALISI DINAMICA	45
7.1	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE DINAMICA SECONDO DM2008	45
7.1.1	REQUISITI SULLA FREQUENZA FLESSIONALE	46
7.2	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE DINAMICA REALE.....	46
7.2.1	IPOTESI DI MODELLAZIONE	46
7.2.2	ANALISI MODALE	47
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	52
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)	58
7.2.3.3.1	ANALISI MOTO FLESSIONALE	58
7.2.3.3.2	ANALISI MOTO TORSIONALE	61
7.2.3.4	CONSIDERAZIONI FINALI.....	63
7.3	VERIFICHE DI CUI AL PT. 1.4.2.6	64
8	VERIFICA SLU	66
8.1	Trave sezione di appoggio	67
8.2	Trave sezione 2.....	82
8.3	Trave sezione 3.....	96
8.4	Trave sezione 4.....	110
8.5	Verifiche elemento trasversi 2L 90X10 (20).....	125
8.6	Verifiche elemento trasversi L 120X10 (20).....	127
9	VERIFICHE SLE.....	129
9.1	Verifiche deformative.....	129
9.1.1	Accelerazioni verticali sull'impalcato.....	129
9.1.1.1	Deformazioni torsionali sull'impalcato.....	129
9.1.1.2	Inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato.....	130
9.1.1.3	Inflessione nel piano verticale dell'impalcato.....	130
9.1.1.4	Stato limite di comfort dei passeggeri.....	132
10	VERIFICHE A FATICA.....	133
10.1	Trave Sezione di appoggio	133
10.2	Trave Sezione di mezzeria	136

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.
IN0D00DI2CLVI0007005B

Pag.
4 di 137

1 INTRODUZIONE

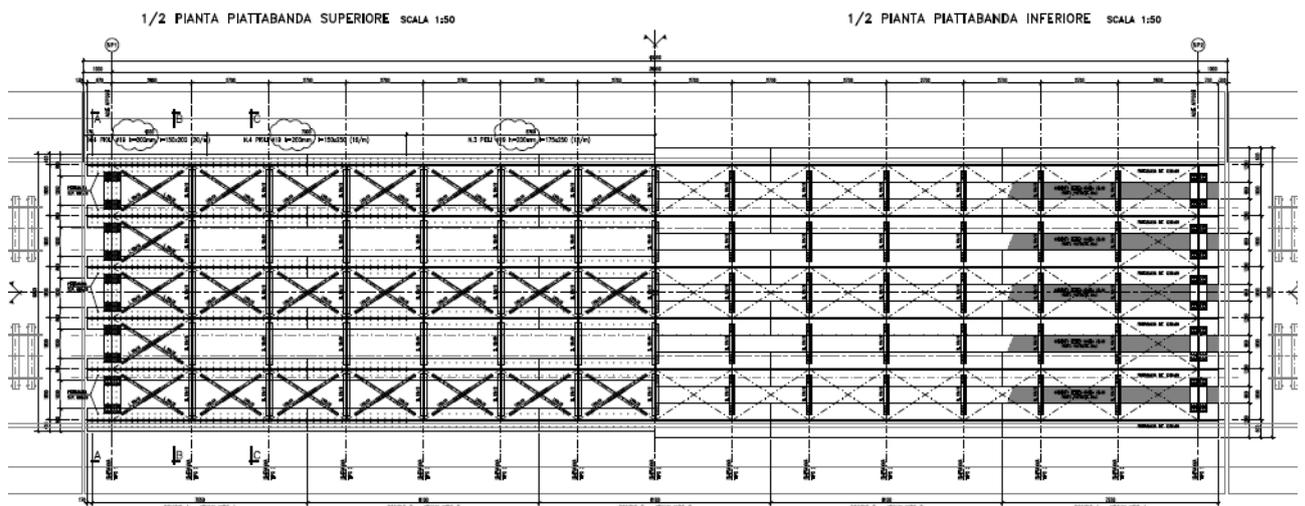
La struttura oggetto della presente relazione è costituita da un impalcato semplicemente appoggiato con luce di 38 m, in struttura mista acciaio-calcestruzzo con lunghezza totale dell'impalcato pari a 40 m.

L'impalcato è costituito da 4 travi in acciaio posti ad interasse di 1.8 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 S355 K2 ed hanno altezza pari a 1.92 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 32 cm a 40 cm e larghezza 13.40 m.

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



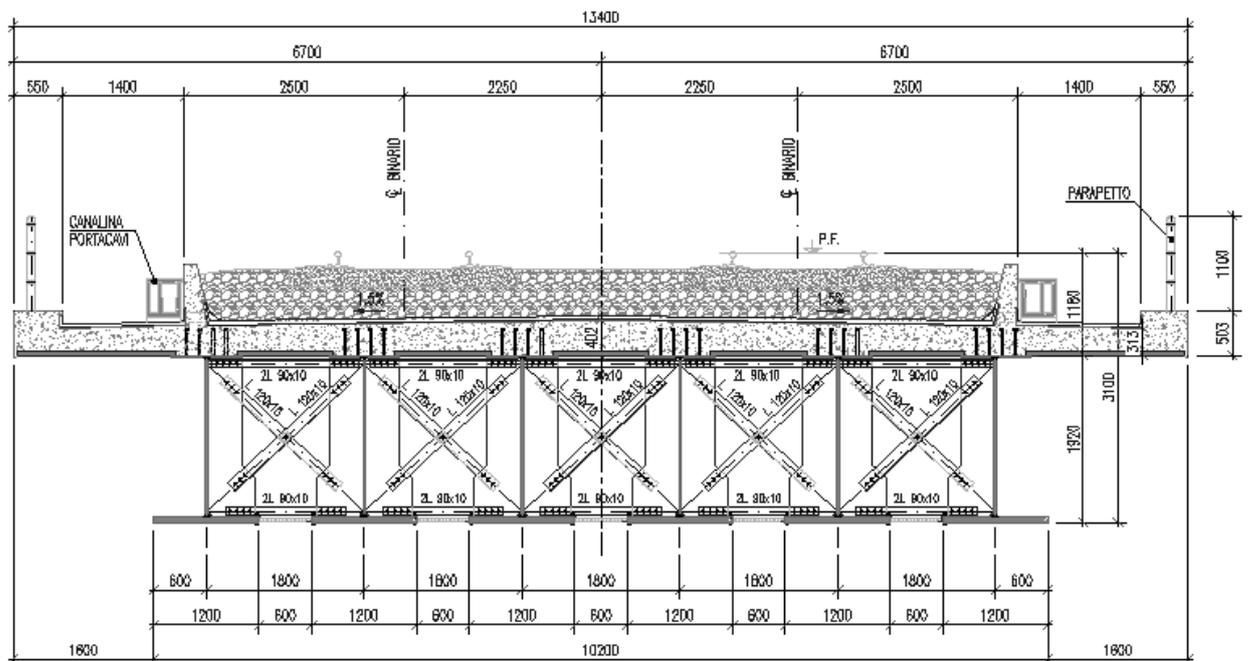
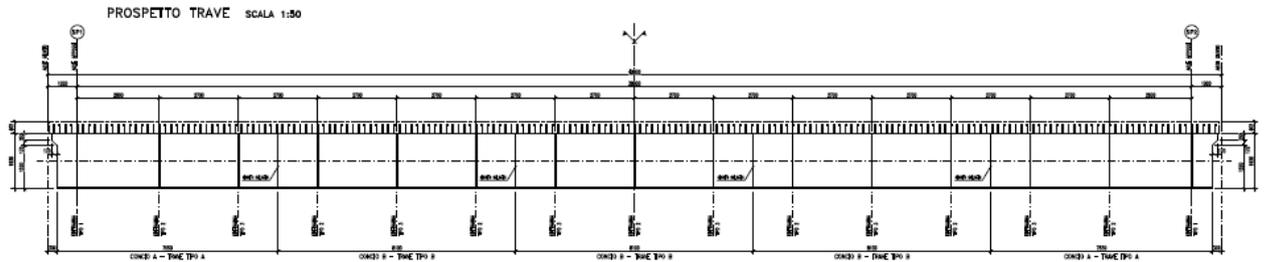
Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.
IN0D00DI2CLVI0007005B

Pag.
6 di 137



 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 7 di 137

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	C32/40	
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 ²
Resistenza media a traz. semplice $f_{ctm} = 0,30f_{ck}^{2/3}$	3.02	N/mm ²
Resistenza caratt. a traz. semplice $f_{ctk} = 0,7f_{ctm}$	2.12	N/mm ²
Resistenza di progetto a traz. semplice $f_{ctk}/1,5$	1.41	N/mm ²
Resistenza media a traz. per flessione $f_{cfm} = 1,2f_{ctm}$	3.63	N/mm ²
Resistenza caratt. a traz. Per flessione $f_{cfk} = 0,7f_{cfm}$	2.54	N/mm ²
Resistenza di calcolo a comp. $f_{cd} = \alpha_{cc}f_{ck}/1,5$	18.13	N/mm ²
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 ²
Resistenza caratteristica di rottura f_{tk}	540 N/mm ²
Modulo Elastico	210000 N/mm ²

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 ²
Resistenza caratteristica di rottura f_{tk}	510 N/mm ²
Modulo Elastico	210000 N/mm ²

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA		
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO		
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M		
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO		REV.	Pag. 10 di 137
IN0D00DI2CLVI0007005B			

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 v14 impostando come densità del materiale $\rho = 7850 + 9\%$ kg/m^3 , in modo da poter tenere in conto anche del peso dovuto alla presenza di giunti, fazzoletti, bulloni.

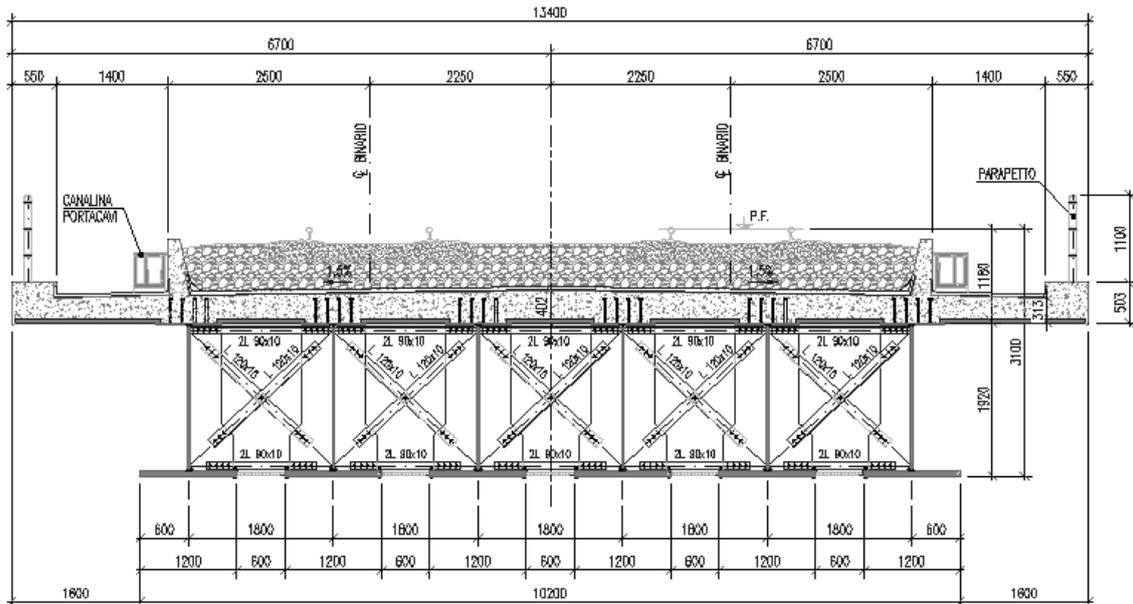
L'effetto di tali carichi sarà indicato nel seguito con G_s .

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
	m^2	m	kN/m	kNm/m
Trave 1	1.1333	0.8111	28.33	22.98
Trave 2	0.6496	0	16.24	0.00
Trave 3	0.6965	0	17.41	0.00
Trave 4	0.6965	0	17.41	0.00
Trave 5	0.6496	0	16.24	0.00
Trave 6	1.1333	0.8111	28.33	22.98

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
Barriera	32
Cordoli	8.4
Camminamento	8.52
Totale	205.94

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 ²	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 ²	(3.3.2)
	0.86	kN/m ²	

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	1.82	m	altezza trave
Hsol	0.36	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	2.72	m	braccio tra baricentro soletta e baricentro forza del vento

Carichi distribuiti

ftr	4.55	kN/m	forza orizzontale sulle travi
fs	14.50	kN/m	forza orizzontale sulla soletta
Mt	39.44	kNm/m	momento torcente sull'IMPalcato

Vento Z - EC

b	13.4	m	
dtot	12.22	m	tab. 8.1 pag. 90
b/dtot	1.10		
cfz	0.75		par. 8.3.3 pag. 91
Fz	0.65	kN/m ²	pressione uniforme sull'IMPalcato
e	3.35	m	eccentricità
Mz	29.10	kNm/m	momento torcente

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 14 di 137

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 $\pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

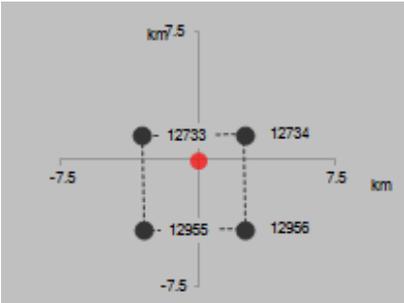
In questo caso, come consentito dalla normativa, si introduce una variazione di temperatura uniforme agente esclusivamente nella soletta e pari a $\pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

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.

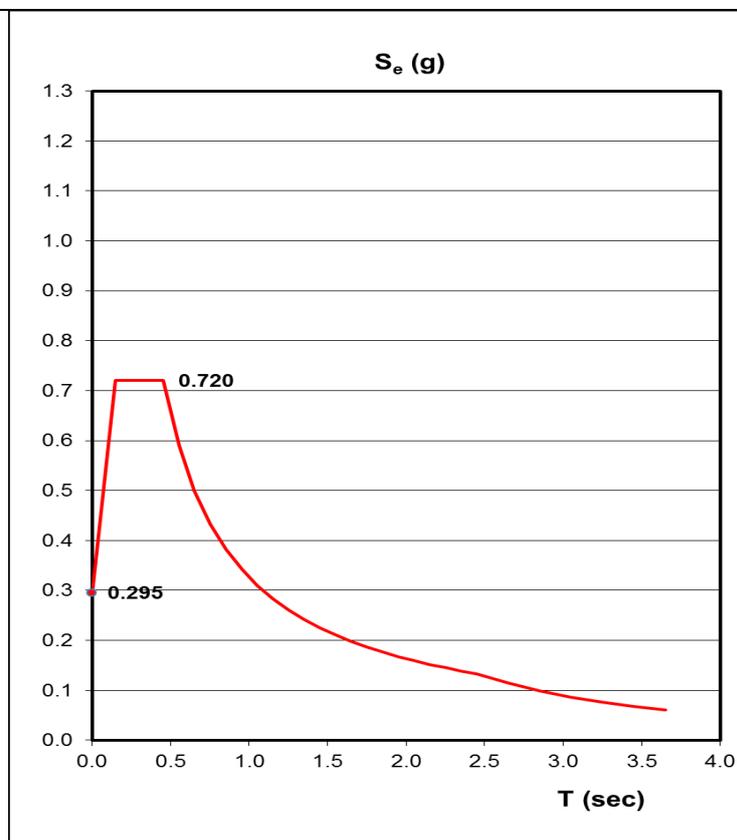
Per l'individuazione dell'azione sismica di progetto si è fatto riferimento alla relazione sismica 00DI2RH000000001A. Lo spettro di risposta è stato calcolato per il sito con le seguenti coordinate.

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.

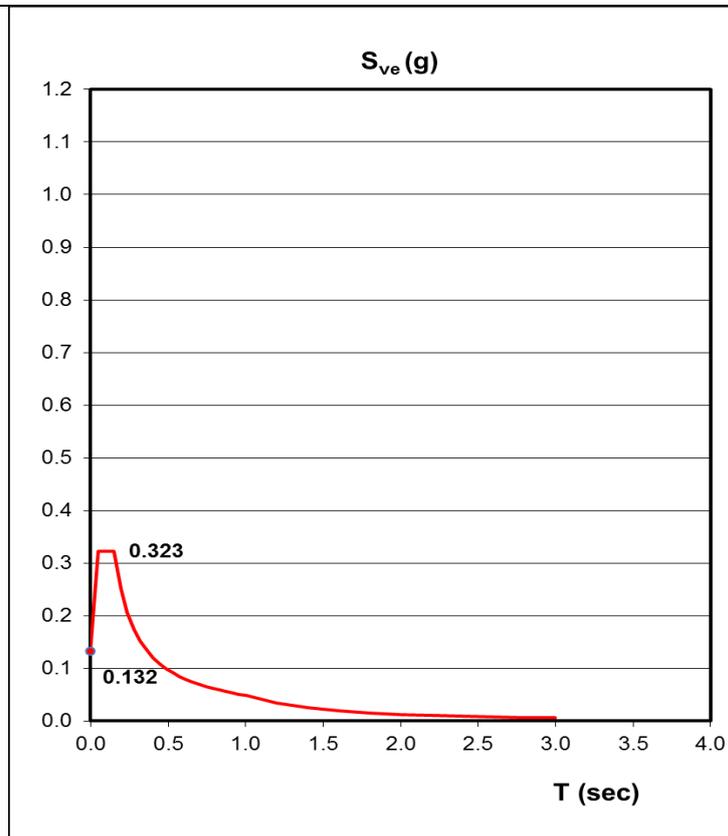
Gli spettri elastici per la direzione orizzontale e verticale sono mostrati nelle figure sottostanti.

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

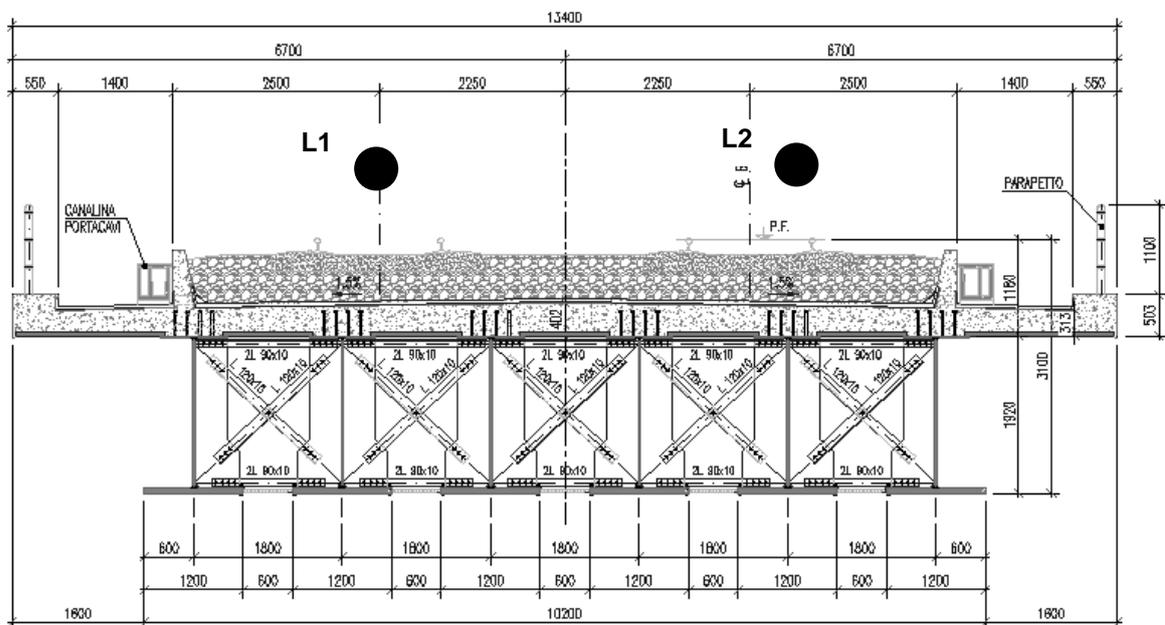
L'azione sismica sarà quindi considerata agente separatamente nella direzione degli assi del sistema di riferimento X,Y,Z.

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).

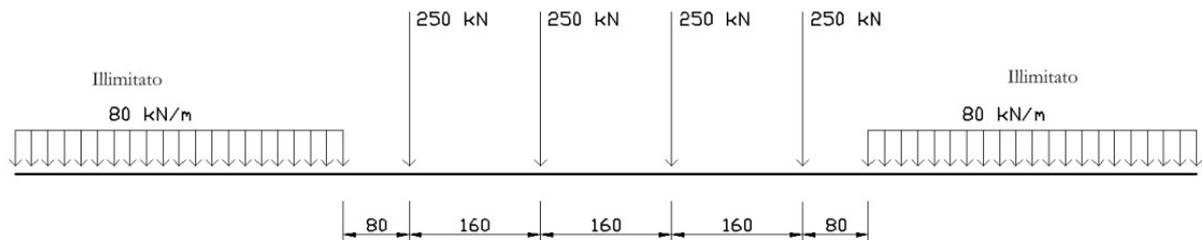
4.6 Azione da traffico – Carichi verticali

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 Φ_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 ₁	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 ₂	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 Φ_2 , precedentemente descritto.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 20 di 137

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)

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 21 di 137

I 40 m

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

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

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 α né di Φ_2 .

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 22 di 137

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 LM71, SW/2

Frenatura

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

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 α .

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 23 di 137

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 una lunghezza 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 α ma non di Φ_2

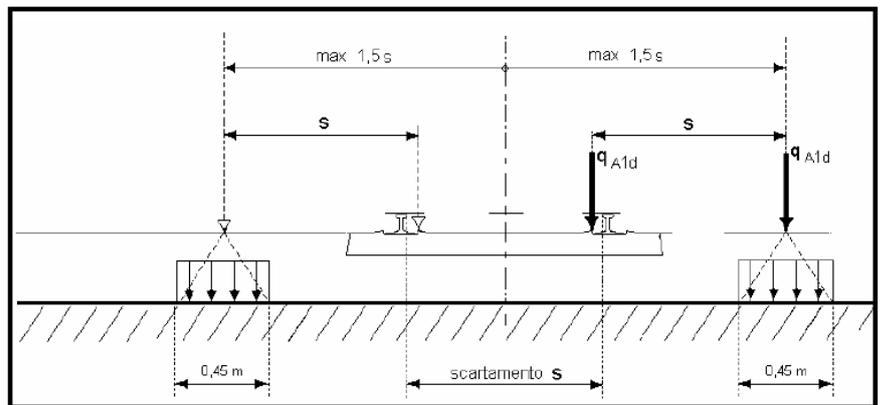
4.8 Azione da traffico – Carichi eccezionali

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

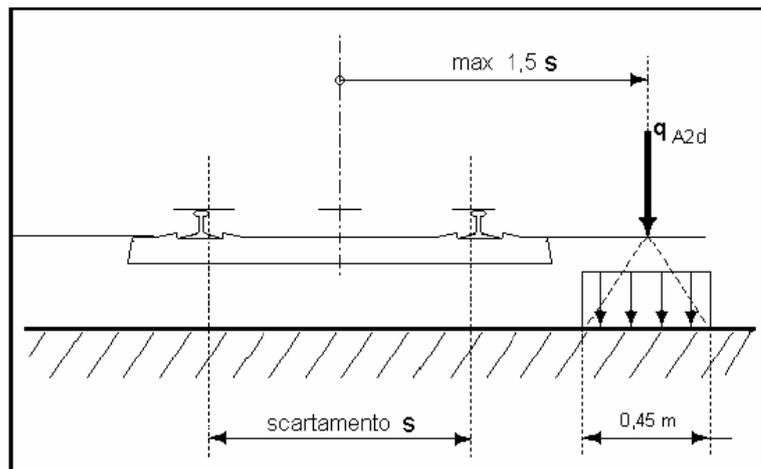
Pressione equivalente
 p 77.92 kN/m²



Caso 2

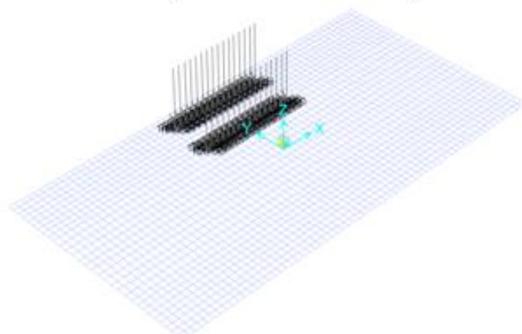
q_{A2d} 112 kN/m
 l_{eff} 20 m
 l_{trasv} 0.77 m

Pressione equivalente
 p_{eq} 145.45 kN/m²

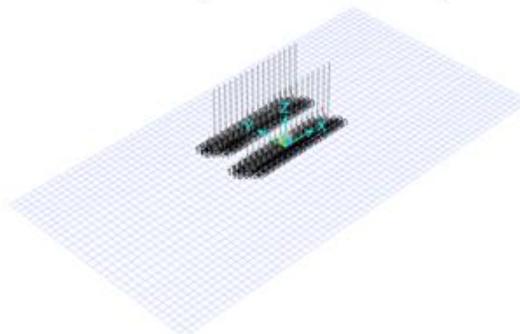


Di seguito si illustra la modalità di applicazione dei carichi di svio sul modello. Sono stati assegnati come carichi superficiali di piastra.

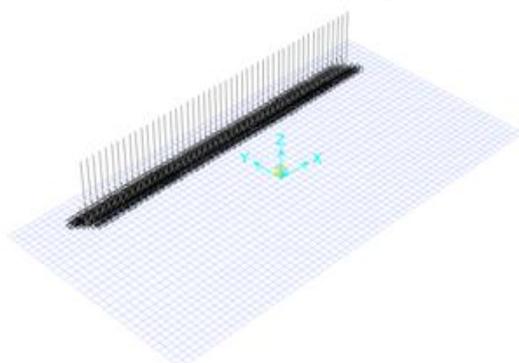
Caso 1 - svio esterno



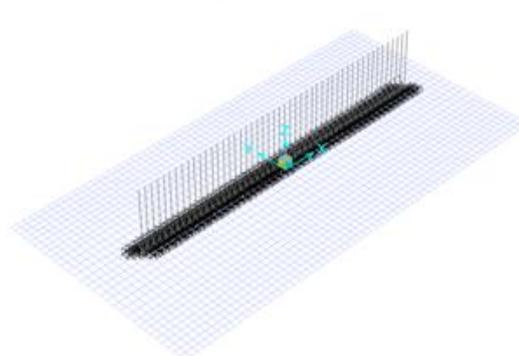
Caso 1 - svio interno



Caso 2 - svio esterno



Caso 2 - svio interno



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 _s =	0	gg
Umidità relativa in percentuale	RH =	60	%

Ritiro per essiccamento, ε_{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	
Deformazione totale da ritiro	$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) * K_h * \varepsilon_{cd0} =$	0.00029527	

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
Deformazione da ritiro al tempo t	$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{sa}(t) \cdot \varepsilon_{ca}(\infty) =$	0.000055
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 ²
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 ²
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 Δt_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 ₇₁
Centrifuga SW/2	C _{SW}
Avviamento	Avv
Frenatura LM71	F ₇₁
Frenatura SW/2	F _{SW}
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 ₇₁	C _{SW}	Avv	F ₇₁	F _{SW}	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 (Φ, α , 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** .

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 31 di 137

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 λ , per cui le sollecitazioni sono derivate direttamente dall'effetto del passaggio del modello di carico LM71 incrementato di α e Φ_2 .

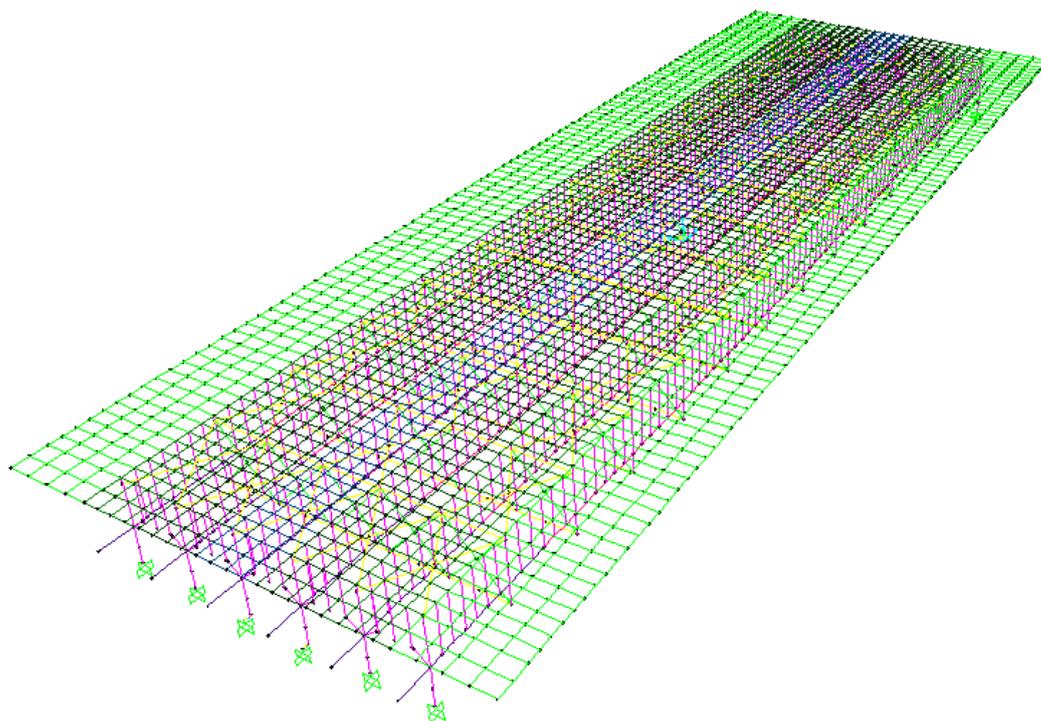
6 MODELLO DI CALCOLO

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

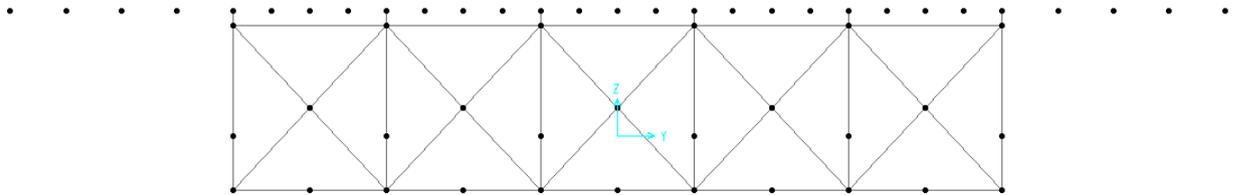
La struttura è rappresentata da un modello tridimensionale, in cui si sono considerati tutti gli elementi strutturali opportunamente modellati. Il comportamento a piastra della soletta di calcestruzzo è stato considerato con degli elementi bidimensionali mentre le travi sono state schematizzate tramite 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)

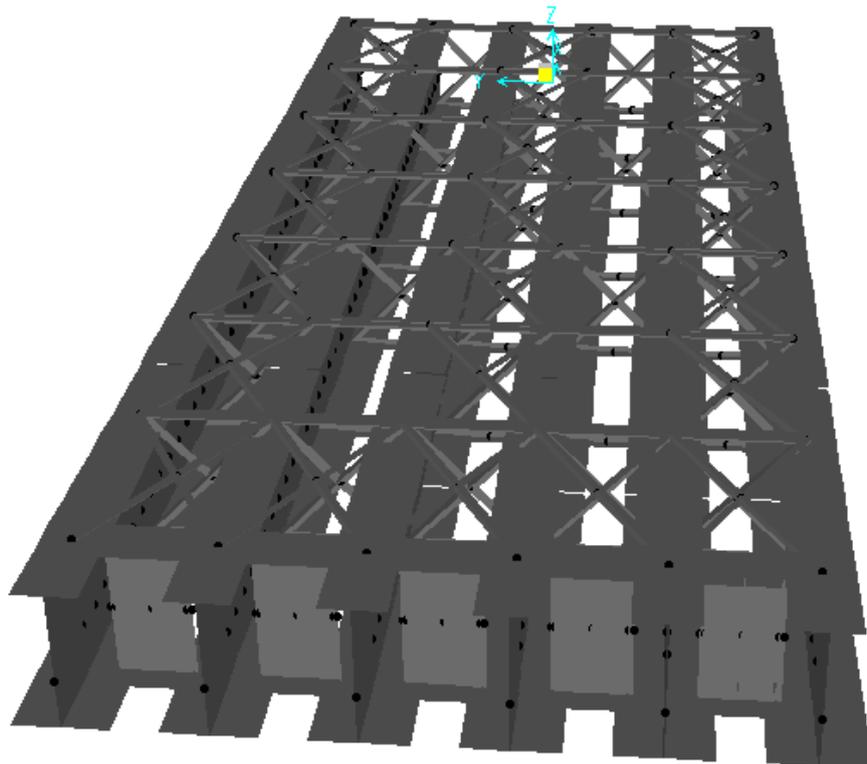
Vista 3D



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 Appoggio

Dimensions		Section
Outside height (t3)	<input type="text" value="1.92"/>	
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="1.2"/>	
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="0.04"/>	

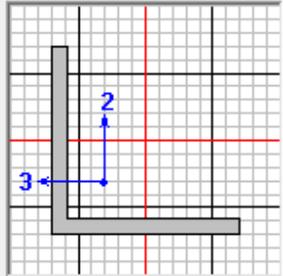
Trave Campata

Dimensions		Section
Outside height (t3)	<input type="text" value="1.92"/>	
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="0.02"/>	
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="1.2"/>	
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="0.06"/>	

6.2.2 Trasverso corrente

Diagonale

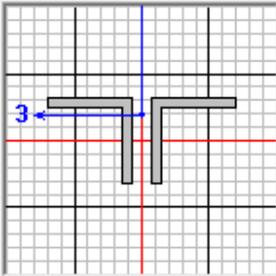
Dimensions	
Outside vertical leg (t3)	<input type="text" value="0.12"/>
Outside horizontal leg (t2)	<input type="text" value="0.12"/>
Horizontal leg thickness (tf)	<input type="text" value="0.01"/>
Vertical leg thickness (tw)	<input type="text" value="0.01"/>



Display Color

Corrente superiore/inferiore

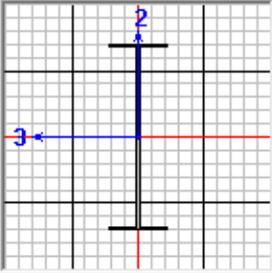
Dimensions	
Outside depth (t3)	<input type="text" value="0.09"/>
Outside width (t2)	<input type="text" value="0.2"/>
Horizontal leg thickness (tf)	<input type="text" value="0.01"/>
Vertical leg thickness (tw)	<input type="text" value="0.01"/>
Back to back distance (dis)	<input type="text" value="0.02"/>



Display Color

6.2.3 Trasverso di testata

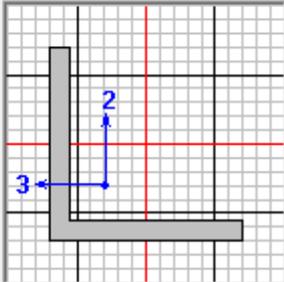
Dimensions	
Outside height (t3)	<input type="text" value="1.92"/>
Top flange width (t2)	<input type="text" value="0.6"/>
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="0.03"/>
Web thickness (tw)	<input type="text" value="0.03"/>
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="0.6"/>
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="0.03"/>



Display Color

6.2.4 Controvento di piano

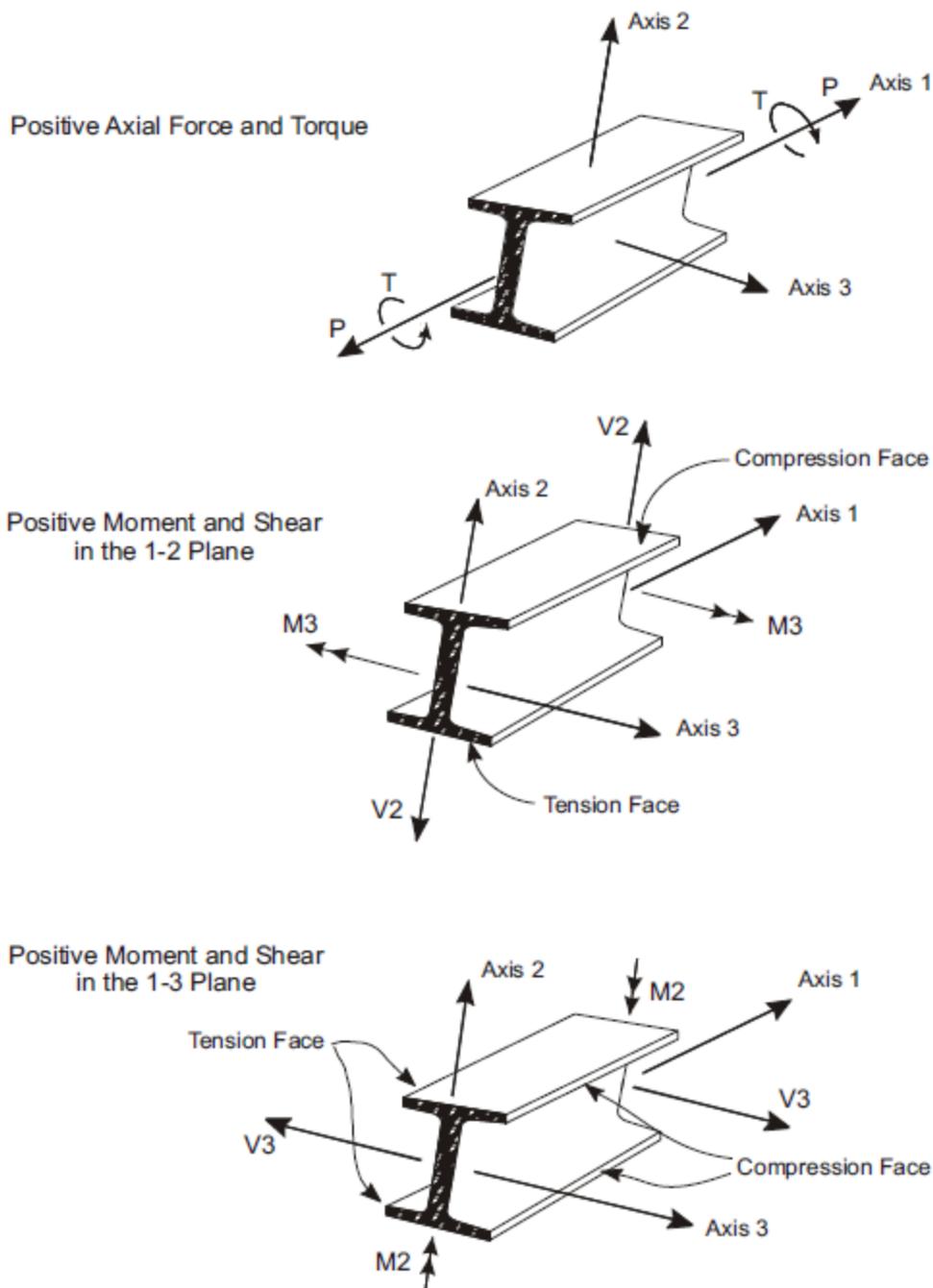
Dimensions	
Outside vertical leg (t3)	<input type="text" value="0.09"/>
Outside horizontal leg (t2)	<input type="text" value="0.09"/>
Horizontal leg thickness (tf)	<input type="text" value="0.01"/>
Vertical leg thickness (tw)	<input type="text" value="0.01"/>



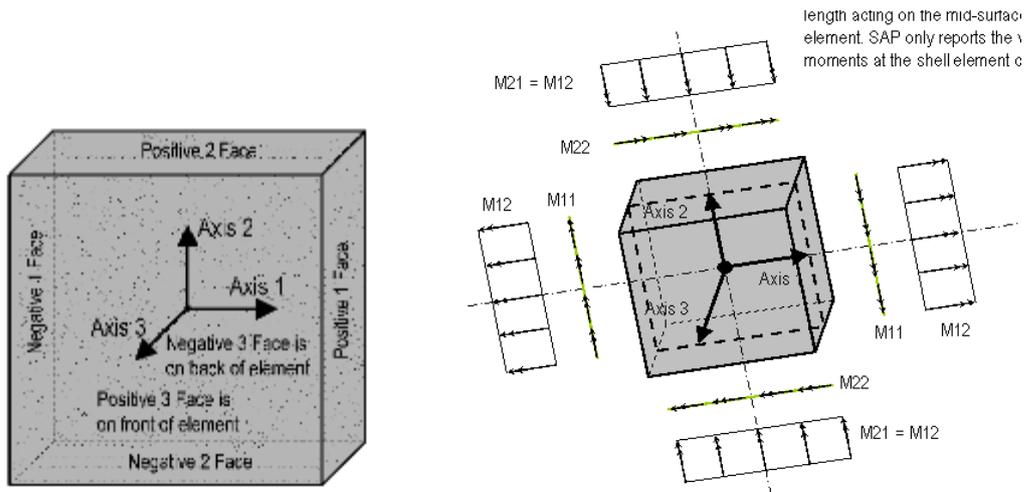
Display Color

6.3 Convenzione dei segni

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



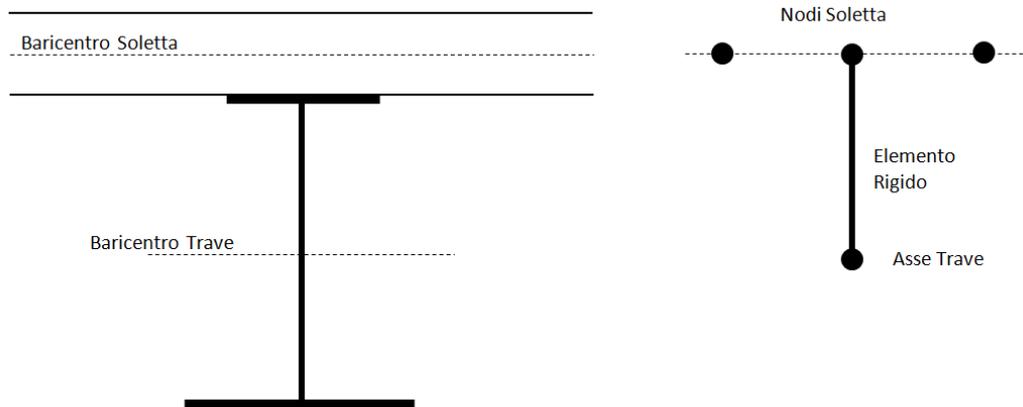
La figura sottostante rappresenta le convenzioni adottate per le sollecitazioni sugli elementi piastra:



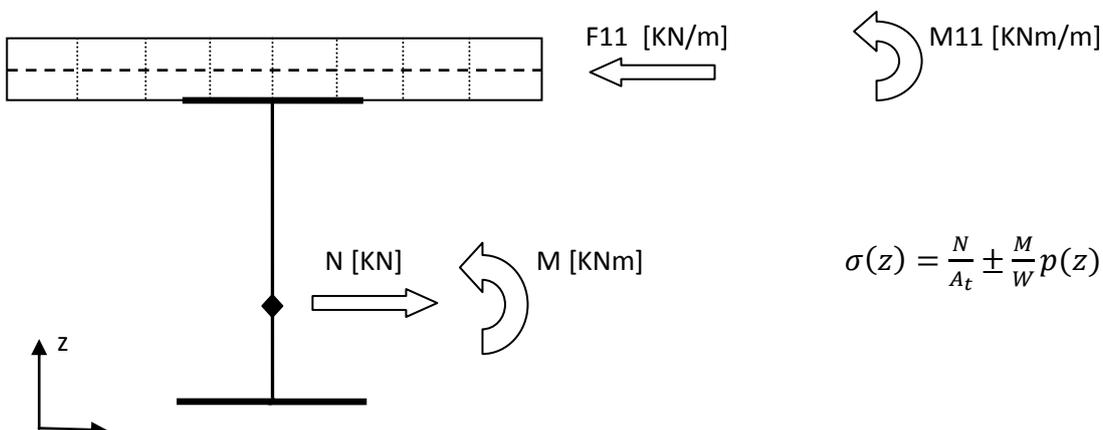
6.4 Metodologia di analisi e verifica

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:

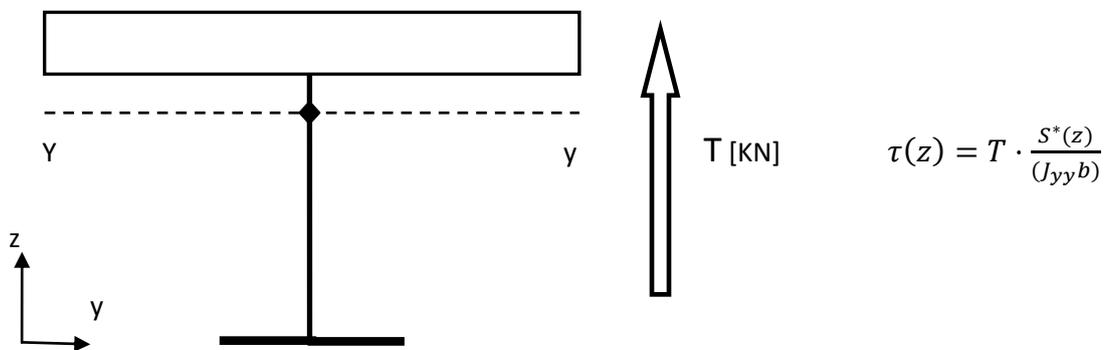


Tale schematizzazione assicura la congruenza delle deformazioni all'interfaccia trave-soletta, per cui si garantisce il funzionamento a sezione mista del sistema trave-soletta. Il calcolo delle tensioni (σ) può essere effettuato considerando separatamente le sollecitazioni agenti sulla soletta e sulla 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 (τ) 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:

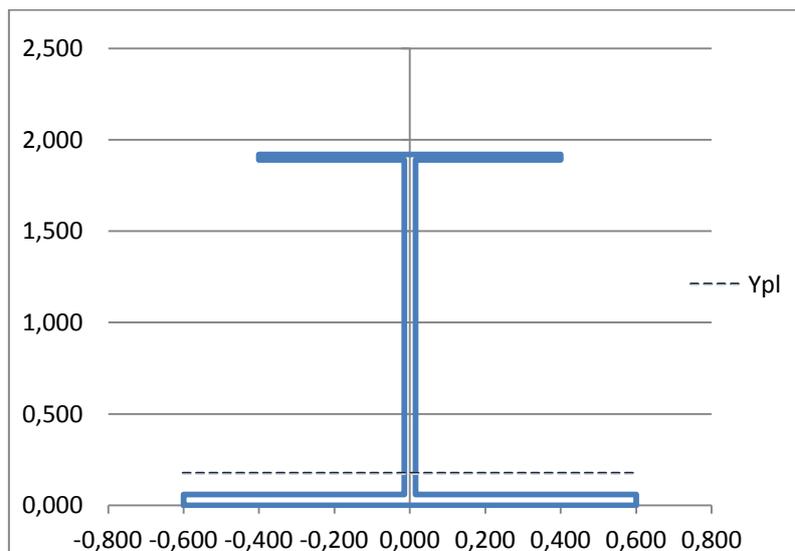
$$\sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq f_d \quad ; \quad f_d = \frac{f_k}{\gamma}$$

Classificazione delle sezioni:

1) Sezione trave Appoggio:

2)

f_{yd} [Mpa]=	338.0952	ϵ =	0.834		
a1 [m] =	0.75	t1 [m] =	0.03		
a2 [m] =	1.85	t2 [m] =	0.03	Htot =	1.92
a3 [m] =	1.2	t3 [m] =	0.04		
Yg [m] =	0.7729	A [m2] =	0.1260	H [m] =	1.920
Jxx [m4]=	0.0739	Wst [m3] =	0.0644	Wit [m3]	
				=	0.0957
Piatt. Sup.	c = 0.360	c / t = 12.00	Classe	4	
Piatt. Inf	c = 0.585	c / t = 14.625	Classe	4	
δ =	1.380	Ypl = 0.540	α =	0.730	
Anima	c = 1.85	c / t = 61.67		3	
				Ψ =	-0.674
			Classe	3	



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

3) Sezione trave Mezzeria:

	f_{yd} [Mpa]=	338.0952		ϵ =	0.834		
	a1 [m] =	0.75	t1 [m] =	0.03			
	a2 [m] =	1.83	t2 [m] =	0.02		Htot =	1.92
	a3 [m] =	1.2	t3 [m] =	0.06			
	Yg [m] =	0.6156	A [m ²] =	0.1311		H [m] =	1.920
	Jxx [m ⁴] =	0.0771	Wst [m ³] =	0.0591		Wit [m ³]	
						=	0.1252
Piatt. Sup.	c =	0.365	c / t =	12.17	Classe	4	
Piatt. Inf	c =	0.59	c / t =	9.8333333	Classe	3	
	δ =	2.183	Ypl =	-0.263	α =	1.176	
Anima	c =	1.83	c / t =	91.50		3	
						ψ =	-0.472
					Classe	4	

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

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.

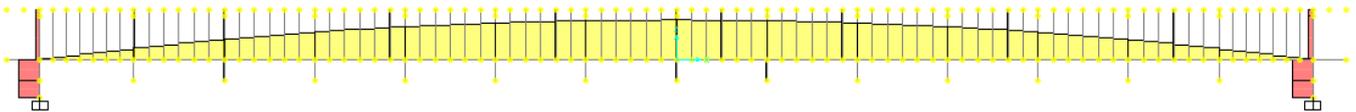
6.5 Stato di Sollecitazione

Vengono riportati i diagrammi di sollecitazione dello sforzo normale, taglio e momento della trave di bordo maggiormente caricata. I casi a cui si fa riferimento sono:

- 1) Breve termine: struttura caricata con G1 e G2;
- 2) Lungo termine: struttura caricata con G1 e G2 + fenomeni lenti;
- 3) SLU-TRAF BT: Combinazione SLU da Traffico a breve termine;
- 4) SLU-TRAF LT: Combinazione SLU da Traffico a lungo termine;

Caso 1 e 2:

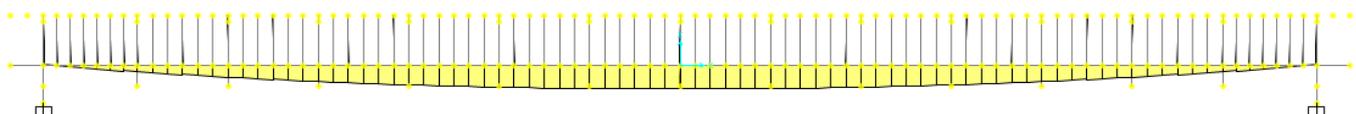
$$N_{\max, BT} = 2923,2 \text{ kN} ; N_{\max, LT} = 2144,5 \text{ kN}$$



$$T_{\max, BT} = 1105,9 \text{ kN} ; T_{\max, LT} = 1284,5 \text{ kN}$$



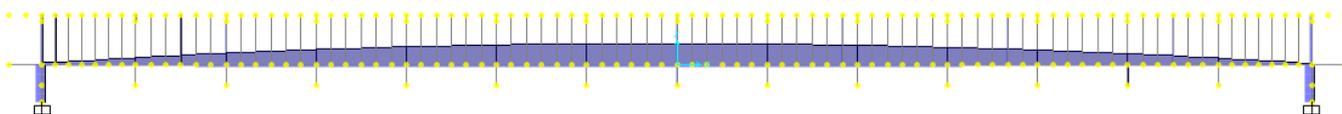
$$M_{\max, BT} = 8008,1 \text{ kNm} ; M_{\max, LT} = 9306,3 \text{ kNm}$$



Caso 3 e 4:

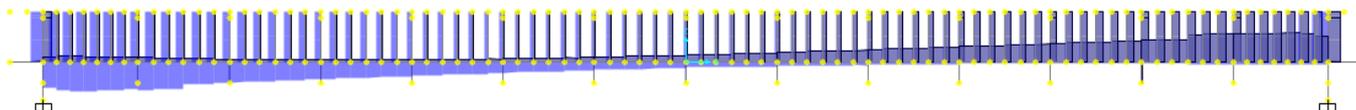
$$N_{\max, BT} = 9281 \text{ kN} ; N_{\max, LT} = 8742 \text{ kN}$$

$$N_{\min, BT} = 2204 \text{ kN} ; N_{\min, LT} = 1665 \text{ kN}$$



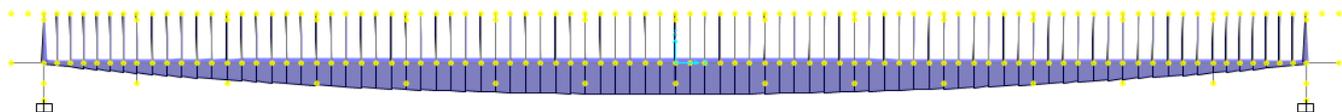
$$T_{\max, BT} = 2556 \text{ kN} ; T_{\max, LT} = 2495 \text{ kN}$$

$$T_{\min, BT} = 1693 \text{ kN} ; T_{\min, LT} = 1632 \text{ kN}$$



$$M_{\max, BT} = 17755 \text{ kNm} ; M_{\max, LT} = 18421 \text{ kNm}$$

$$M_{\min, BT} = 12290 \text{ kNm} ; M_{\min, LT} = 12956 \text{ kNm}$$



 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 45 di 137

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 Φ 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 Φ_2 , senza ulteriore riduzione.

Verifica	Rif. Tab. 1.4.2.5.3.1	Punto	L_Φ	Φ_2
			m	-
Globale	luce travi principali	5.1	38	1.06
Trasversi	2 x interasse trasversi	1.3	5.4	1.50

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 46 di 137

Soletta trasversale	2 x luce libera soletta	4.1	5.4	1.50
---------------------	-------------------------	-----	-----	------

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, messo a punto per la progettazione dell'opera in esame, è stata una frequenza flessionale fondamentale (la più bassa) del ponte caricato con le azioni permanenti pari a

$$n_0 = 2.694 \text{ Hz}$$

I limiti imposti dal DM2008 risultano:

$$n_0 \geq 1.83 \text{ Hz} \quad \text{e} \quad n_0 \leq 3.75 \text{ Hz}$$

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 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 25

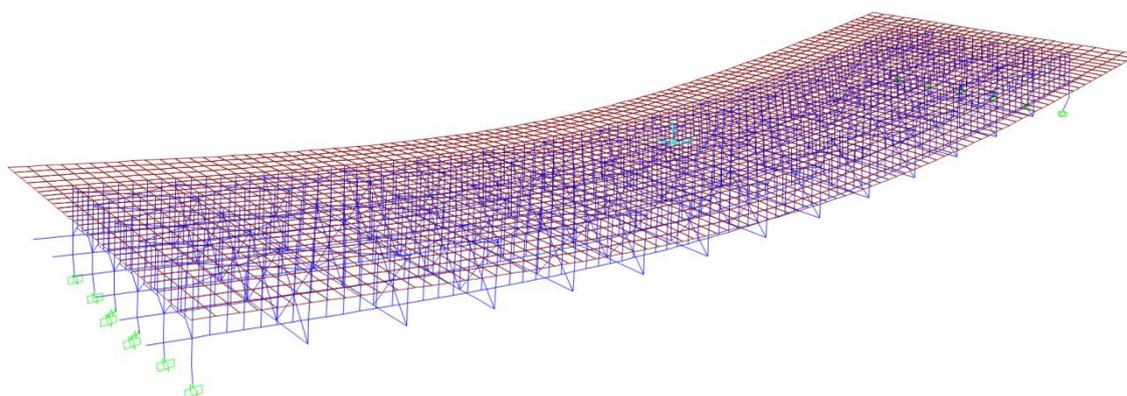
Modo	Periodo [s]	Frequenza [Hz]	Massa traslazionale partecipante direzione X (somma) [%]	Massa traslazionale partecipante direzione Y (somma) [%]	Massa traslazionale partecipante direzione Z (somma) [%]
1	0.371	2.694	3.00	0.00	73.16
2	0.275	3.635	3.00	4.39	73.16
3	0.164	6.107	3.00	95.53	73.16
4	0.145	6.894	93.54	95.53	74.91
5	0.113	8.855	93.54	95.53	74.91
6	0.108	9.291	96.85	95.53	74.95
7	0.093	10.724	98.15	95.53	75.00
8	0.090	11.108	98.15	95.53	75.00
9	0.079	12.585	98.15	95.57	75.00
10	0.078	12.782	98.16	95.57	79.01
11	0.073	13.719	99.09	95.57	79.02
12	0.070	14.275	99.09	95.57	79.02
13	0.069	14.520	99.29	95.57	79.02
14	0.065	15.477	99.29	95.57	79.02

Modo	Periodo [s]	Frequenza [Hz]	Massa traslazionale partecipante direzione X (somma) [%]	Massa traslazionale partecipante direzione Y (somma) [%]	Massa traslazionale partecipante direzione Z (somma) [%]
15	0.064	15.562	99.29	95.57	79.76
16	0.058	17.105	99.29	95.57	79.76
17	0.058	17.224	99.30	95.57	79.76
18	0.056	17.795	99.30	95.87	79.76
19	0.052	19.216	99.30	95.87	79.76
20	0.052	19.222	99.30	95.98	79.76
21	0.049	20.382	99.30	99.90	79.76
22	0.048	20.792	99.30	99.91	79.76
23	0.046	21.588	99.30	99.91	79.76
24	0.046	21.688	99.30	99.91	79.76
25	0.043	23.027	99.45	99.91	85.20
26	0.041	24.200	99.45	99.91	85.20
27	0.041	24.244	99.45	99.91	85.41
28	0.037	27.106	99.45	99.91	85.41
29	0.037	27.114	99.45	99.91	85.41
30	0.036	28.009	99.47	99.91	85.41
31	0.035	28.759	99.47	99.93	85.41
32	0.033	30.315	99.47	99.93	85.42
33	0.033	30.336	99.47	99.94	85.42
34	0.031	32.296	99.48	99.94	85.42
35	0.030	32.887	99.48	99.94	85.42
36	0.030	33.816	99.48	99.94	85.42
37	0.030	33.819	99.48	99.94	85.42
38	0.029	34.969	99.48	99.94	85.43
39	0.028	36.233	99.48	99.94	85.43
40	0.028	36.235	99.48	99.94	85.43

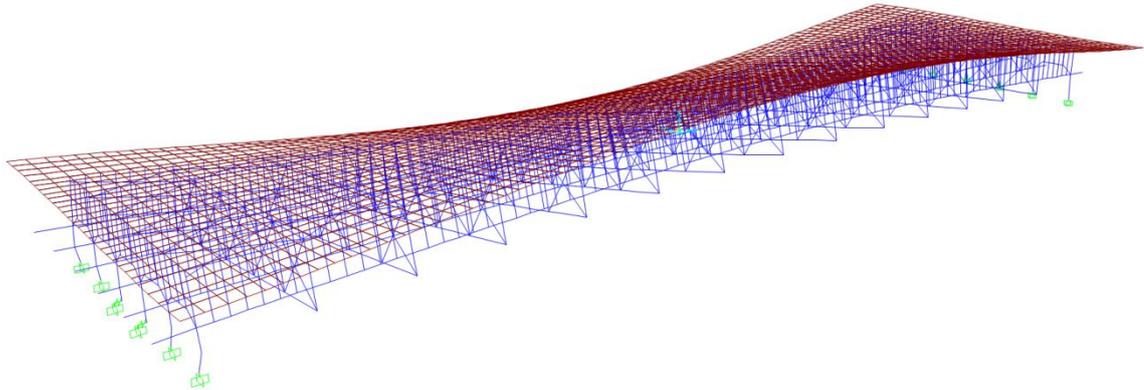
7.2.2.1 FORME MODALI

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

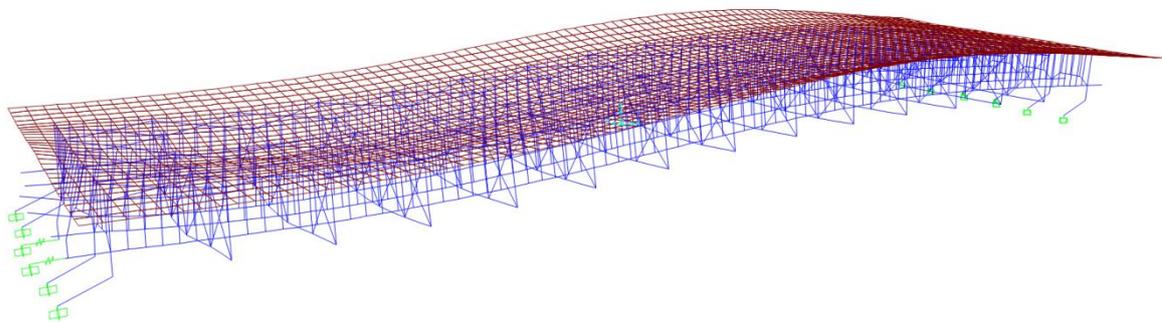
- Modo 1: flessionale simmetrico nel piano verticale, frequenza $f = 2.694$ Hz



- Modo 2: torsionale simmetrico, frequenza $f = 3.635$ Hz



- Modo 4: flessionale antisimmetrico nel piano verticale, frequenza $f = 6.894$ 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

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 51 di 137

freccia massima valutata al valore di velocità $V_{\min} = 20$ km/h, rispettivamente, e il massimo valore dei coefficienti $\varphi'_{\text{Reale},f}(V)$ calcolati alle diverse velocità'.

- 2) L'accelerazione massima verticale dell'impalcato che dovrà risultare inferiore a 3.5 m/s^2 .
- 3) Il coefficiente dinamico reale φ calcolato, come previsto al punto 1.4.2.6 delle specifiche, come segue:

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

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

$$\varphi''^* = 0.101$$

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 $M = 1.682 \times 10^6$ kg.

Frequenza del primo modo $f^{(1)} = 2.694$ Hz, corrispondente ad una frequenza circolare $\omega^{(1)} = 16.926$ rad/sec.

Rigidità modale $k^{(1)} = 2.409 \times 10^8$ N/m.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 52 di 137

Smorzamento modale $r^{(1)} = 1.138 \times 10^6$ 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 $J_M = 2.119 \times 10^7$ kg m².

Frequenza del primo modo $f^{(1)} = 3.635$ Hz, corrispondente ad una frequenza circolare $\omega^{(1)} = 22.841$ rad/sec.

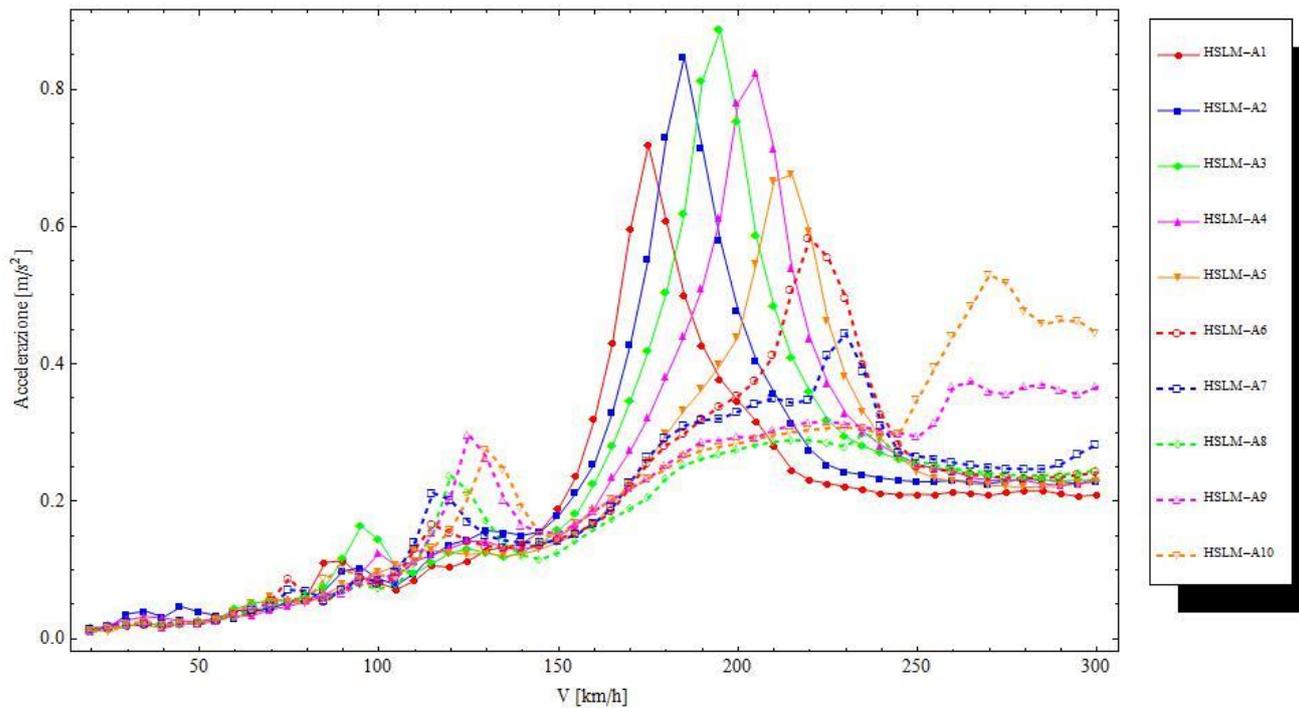
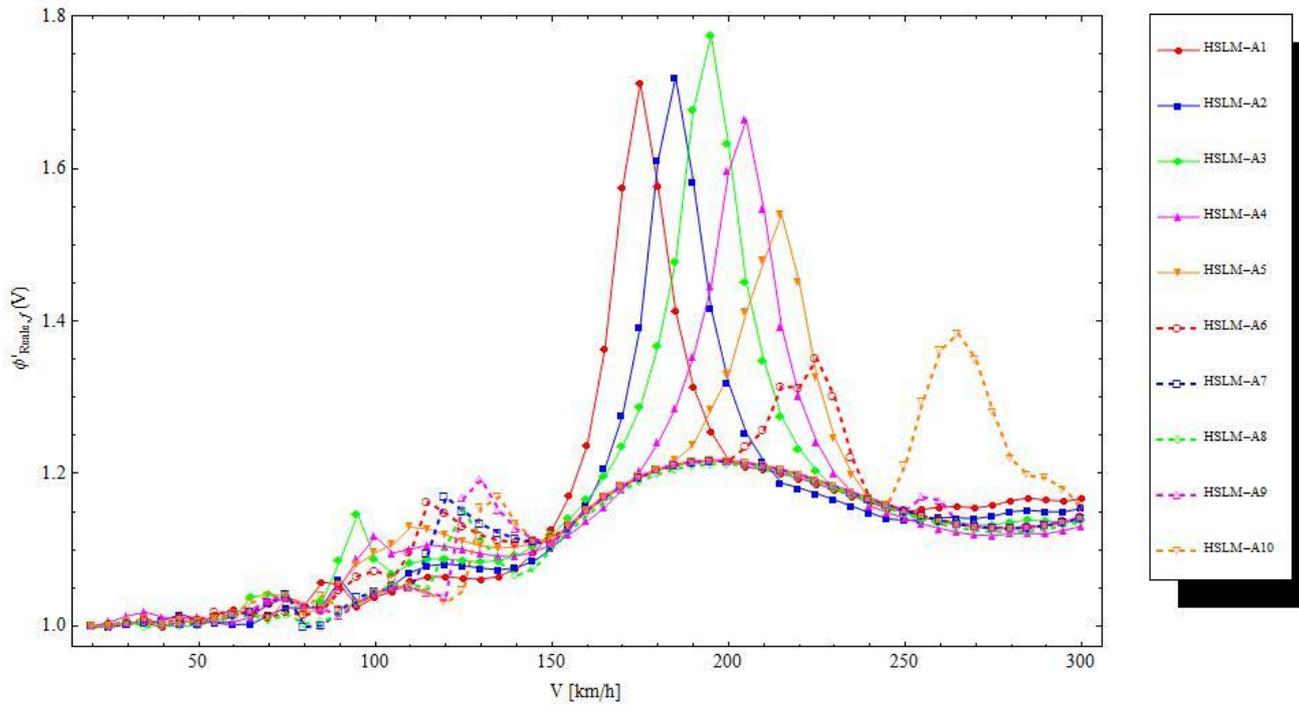
Rigidezza modale $k^{(1)} = 5.528 \times 10^9$ Nm.

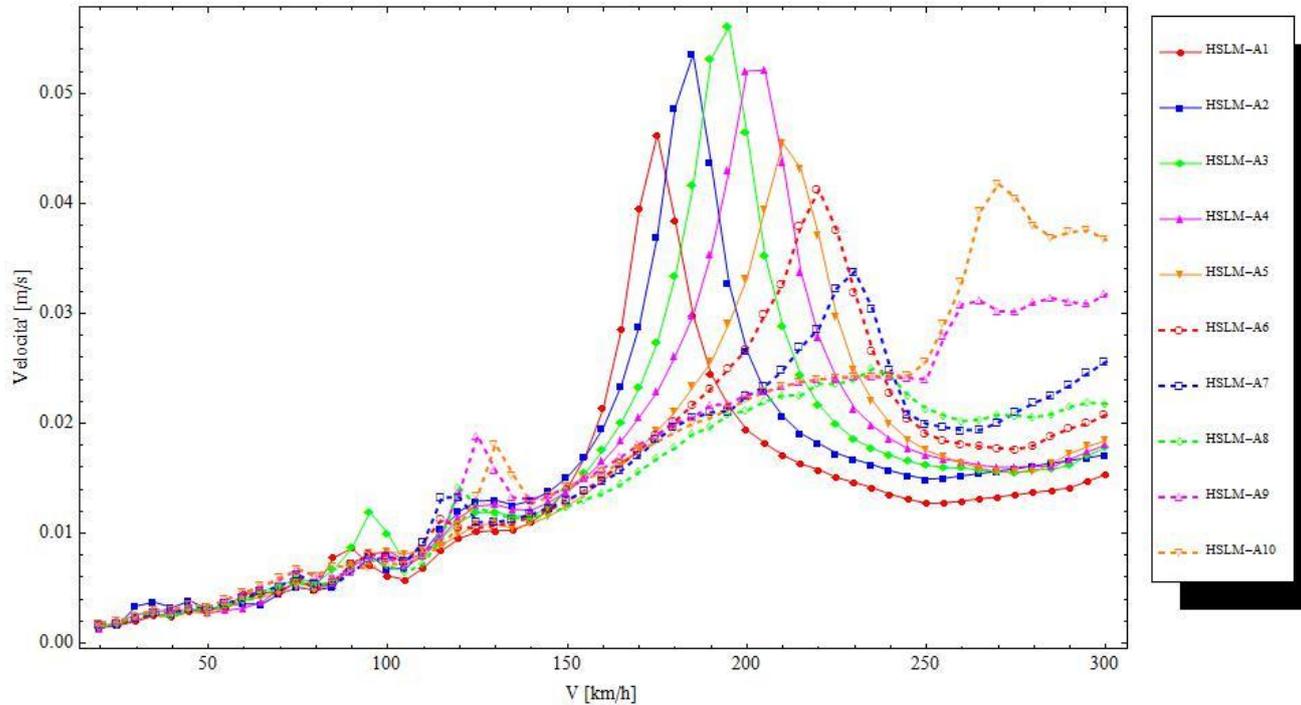
Smorzamento modale $r^{(1)} = 1.936 \times 10^7$ N m sec.

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 $\varphi'_{\text{Reale},f}(V)$, della massima accelerazione e della massima velocità indotta sull'impalcato per i 10 treni di carico HSLM-A relativamente alle analisi condotte sul modo flessionale del ponte.

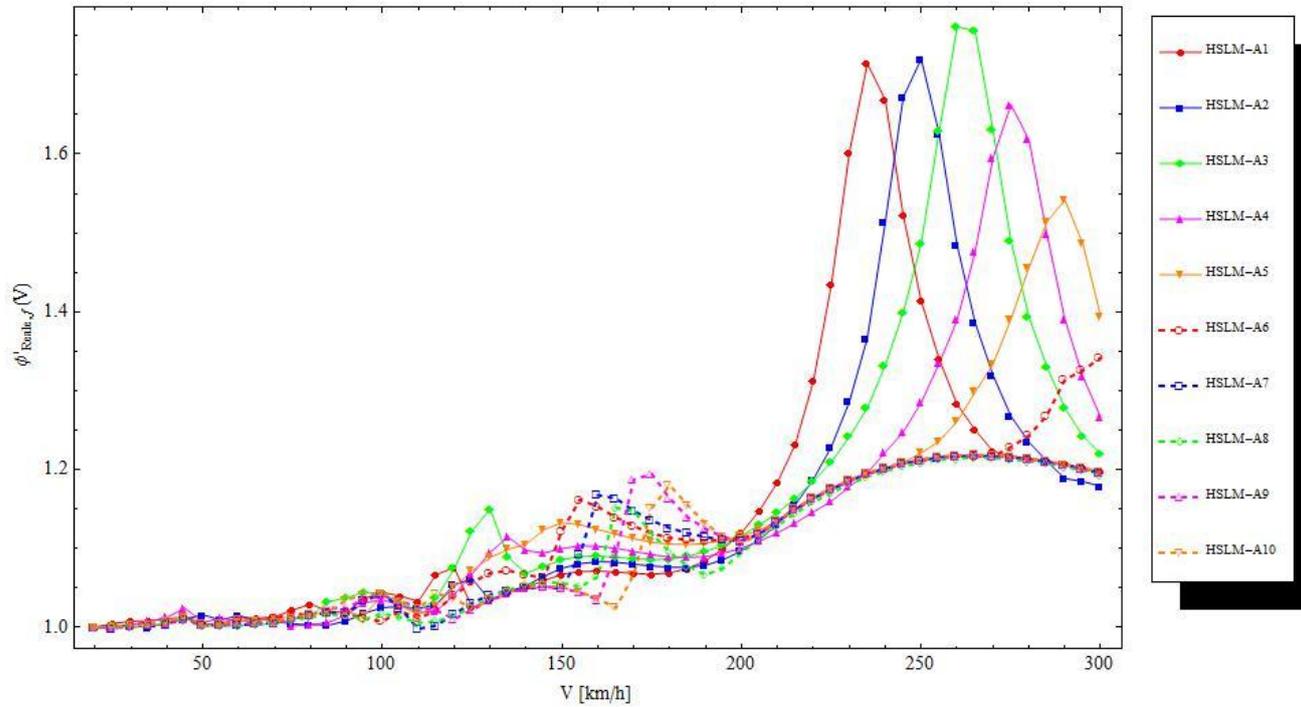
I massimi valori delle tre quantità sono riportati nella seguente tabella indicante il modello di carico e la velocità di progetto a cui si attingono tali massimi valori:

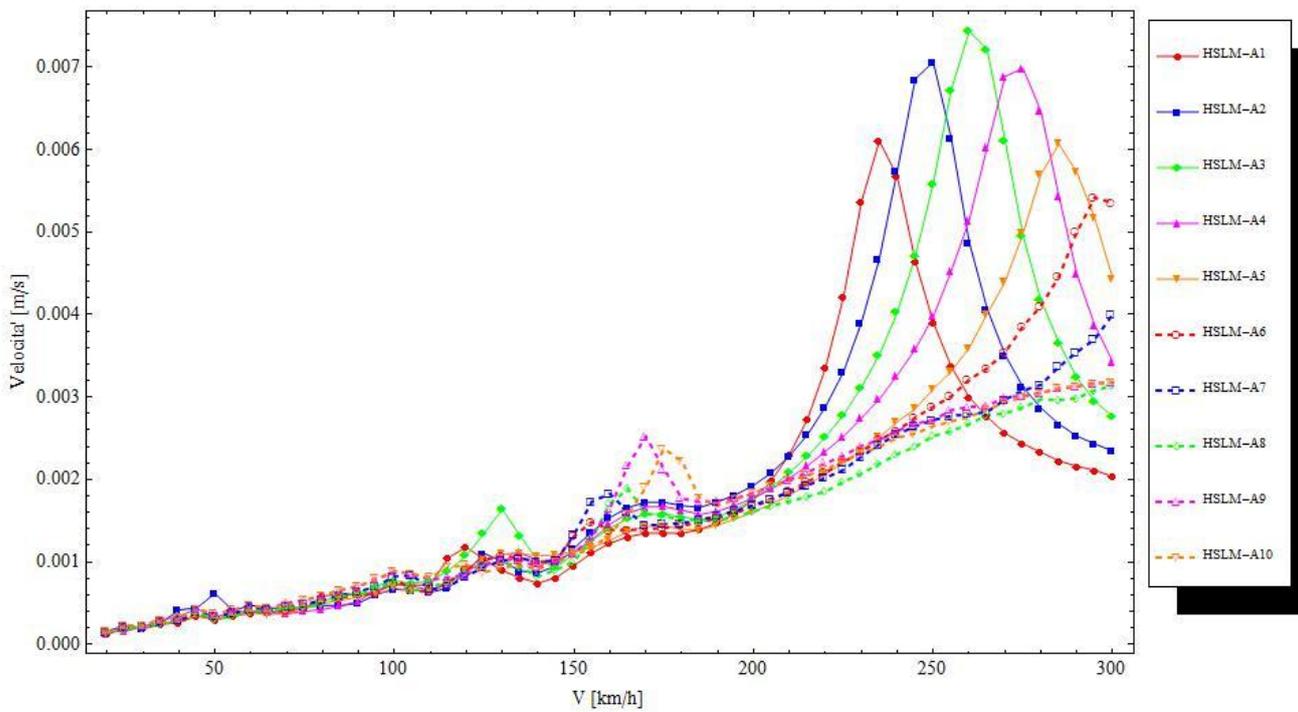
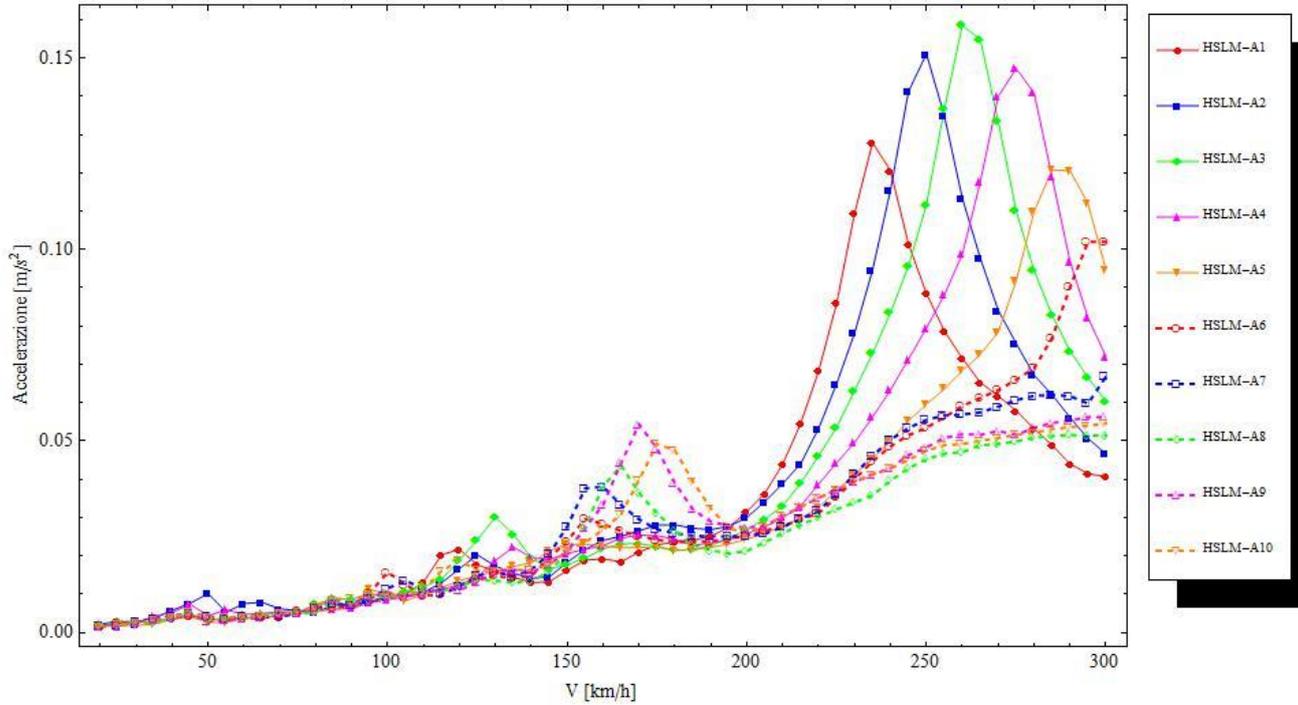
Treno di carico	Velocità di progetto [km/h]	$\varphi'_{\text{Reale},f}$	Accelerazione [m/s ²]	Velocità [m/s]
HSLM-A3	195	1.774	0.886	0.056

Infine, il coefficiente dinamico reale massimo φ risulta pari a

$$\varphi = 1.875$$

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 (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]	$\varphi'_{\text{Reale},f}$	Accelerazione [m/s ²]	Velocità [m/s]
HSLM-A3	260	1.761	0.156	0.0074

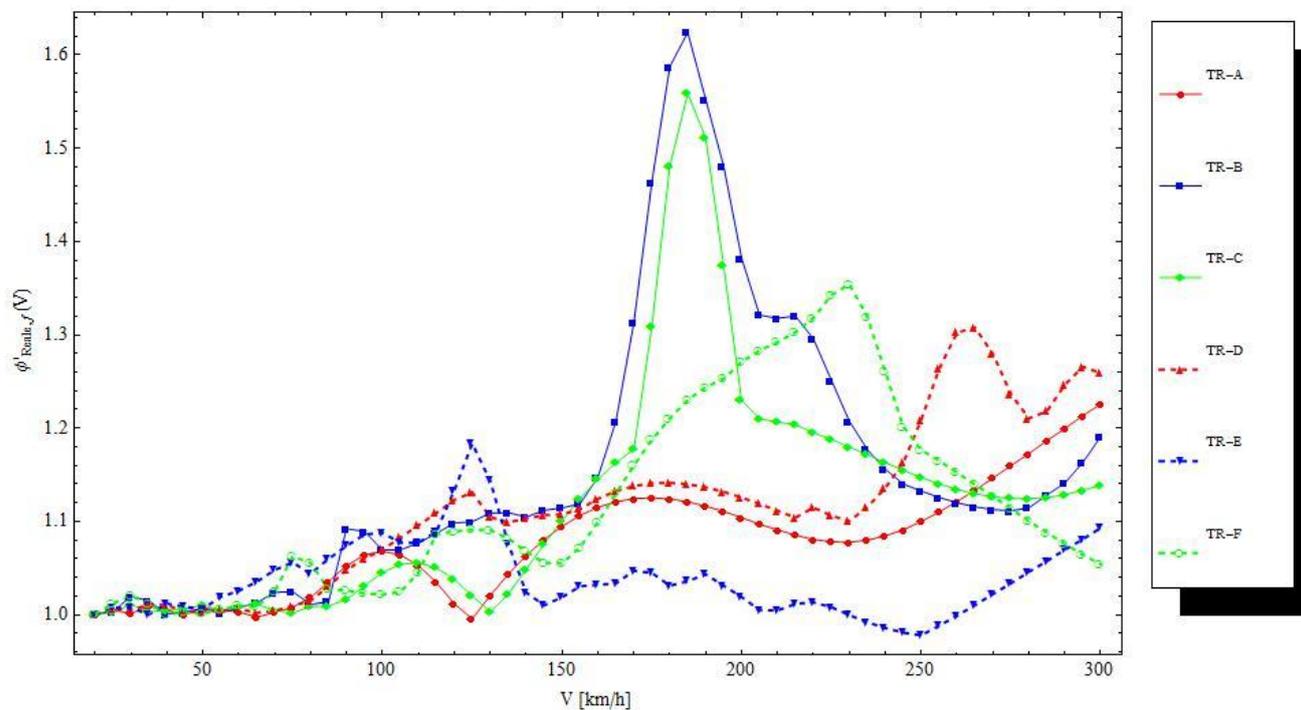
Infine, il coefficiente dinamico reale massimo φ risulta pari a

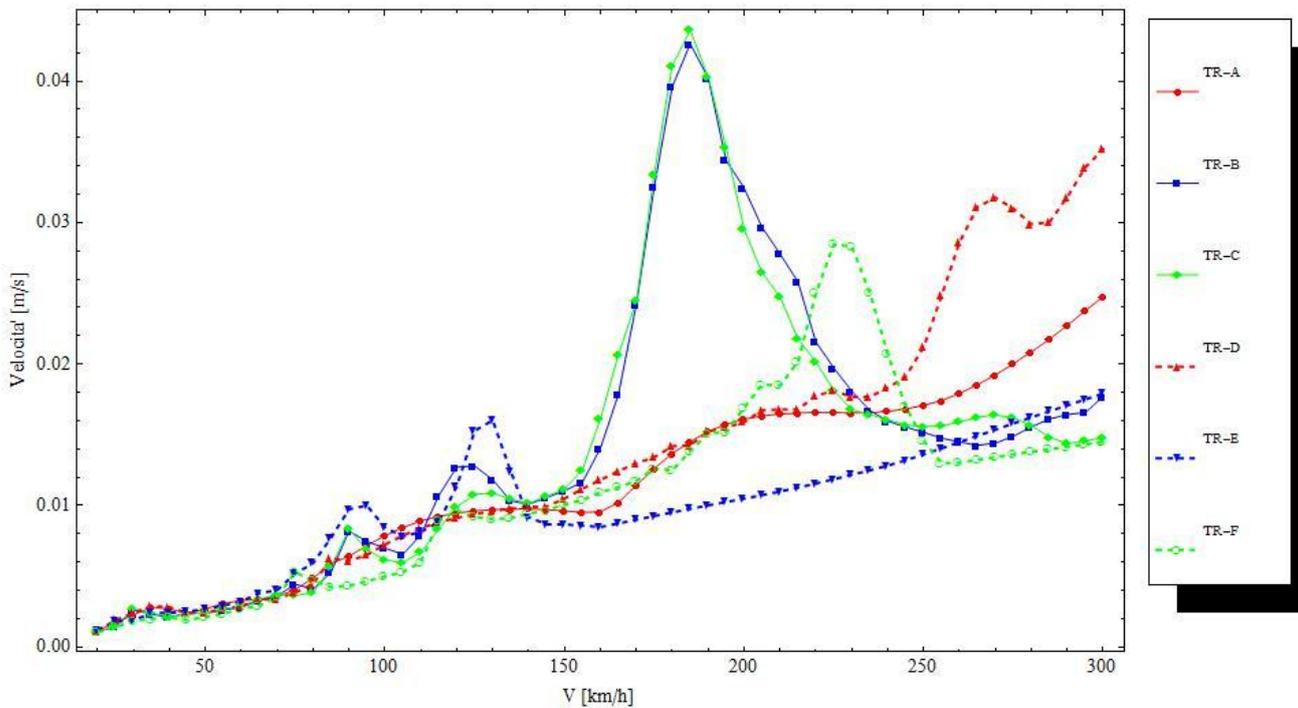
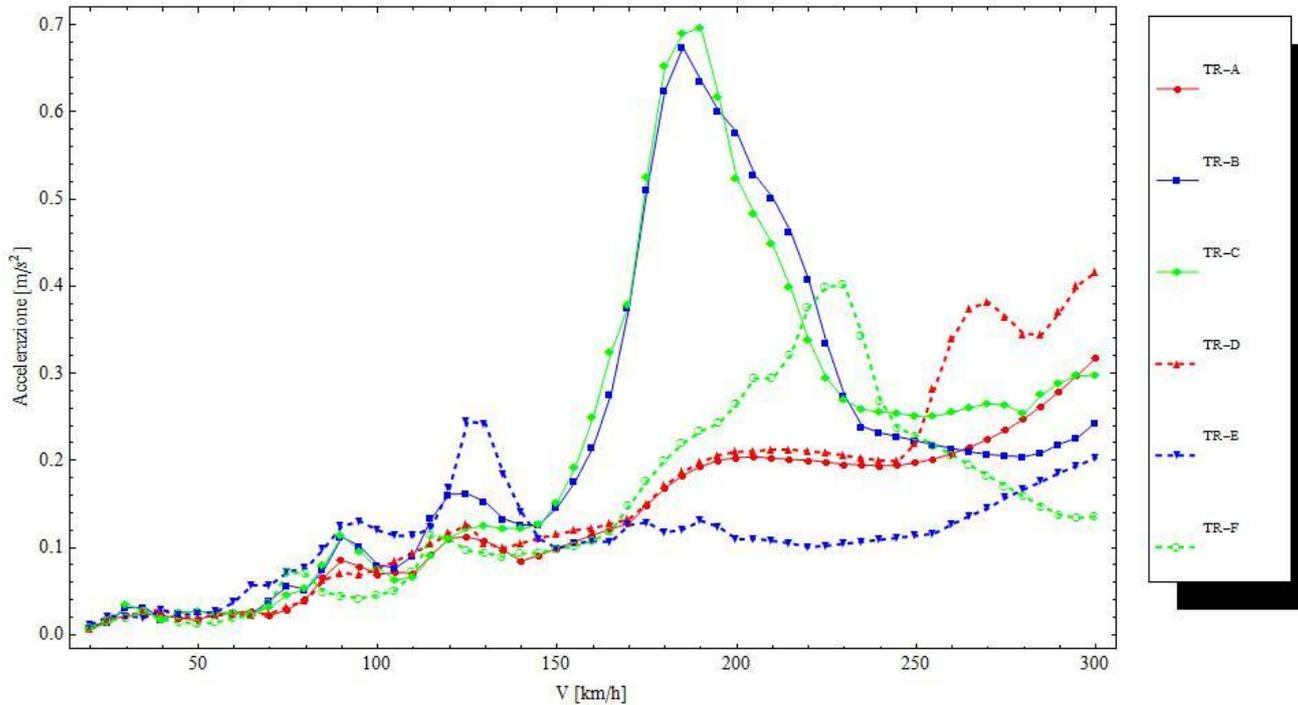
$$\varphi = 1.862$$

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.

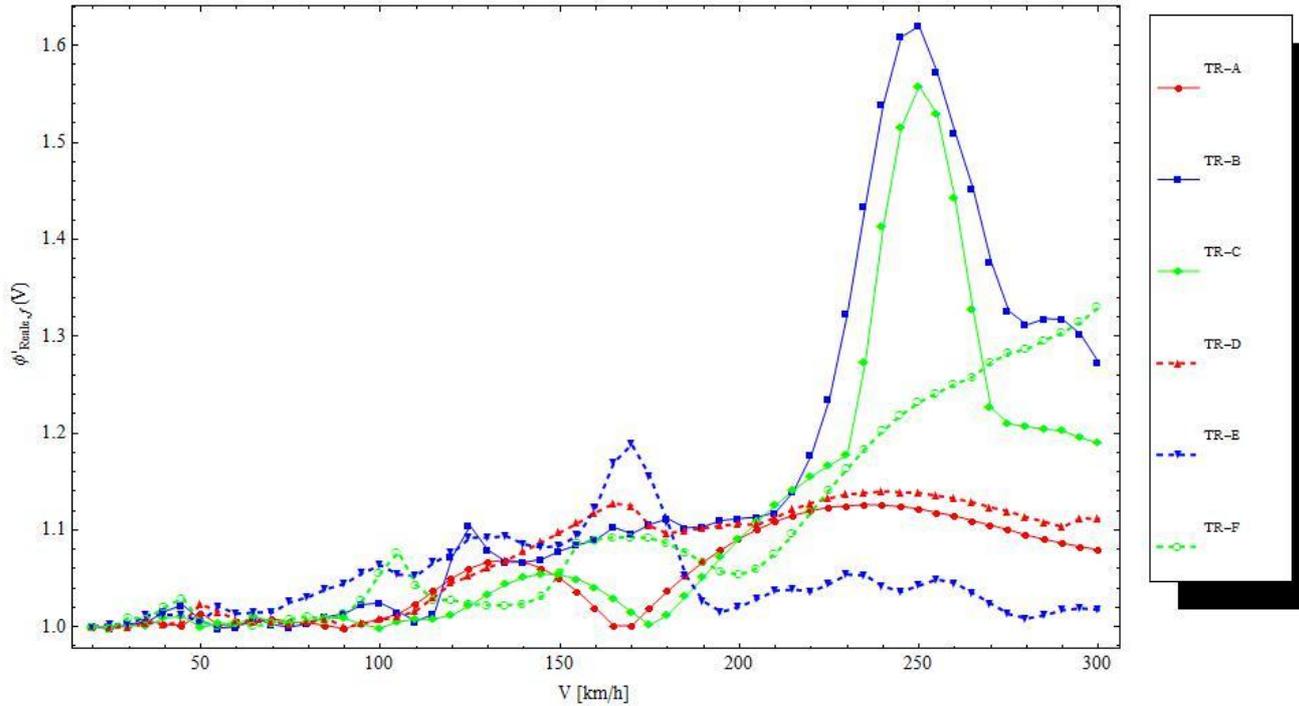
I massimi valori delle tre quantità sono riportati nella seguente tabella indicante il modello di carico e la velocità di progetto a cui si attingono tali massimi valori:

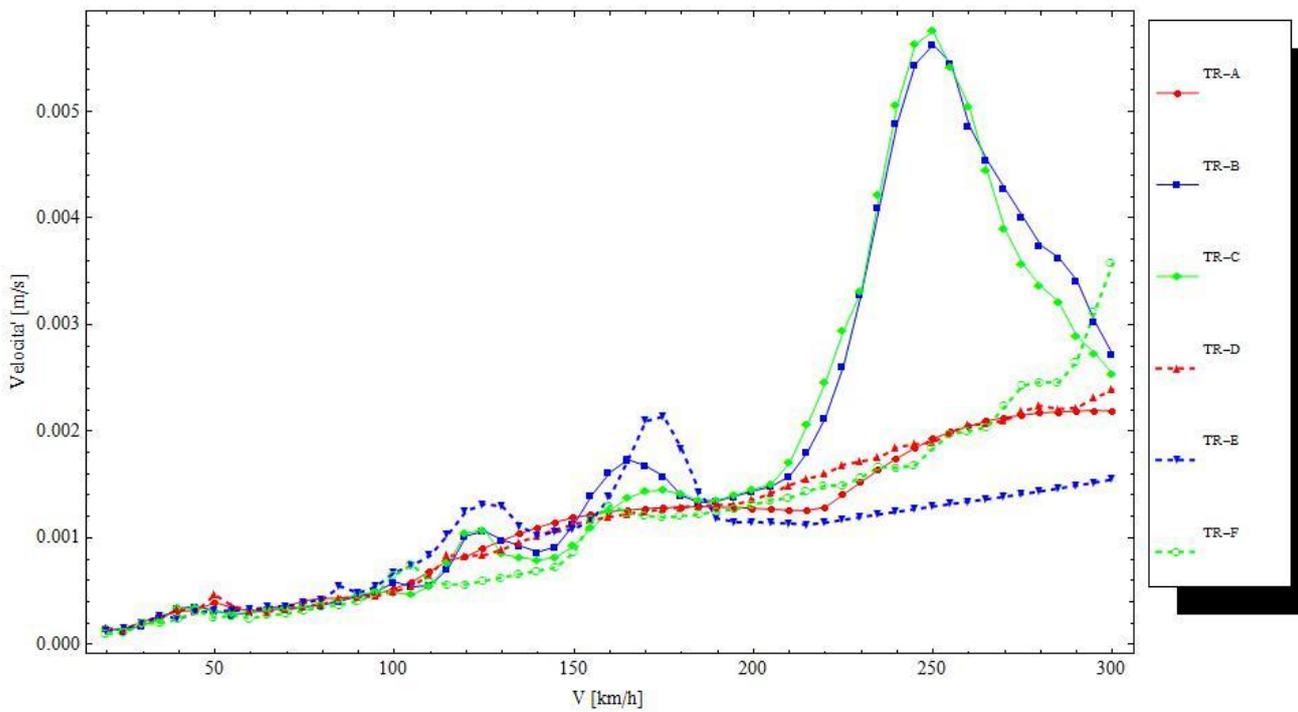
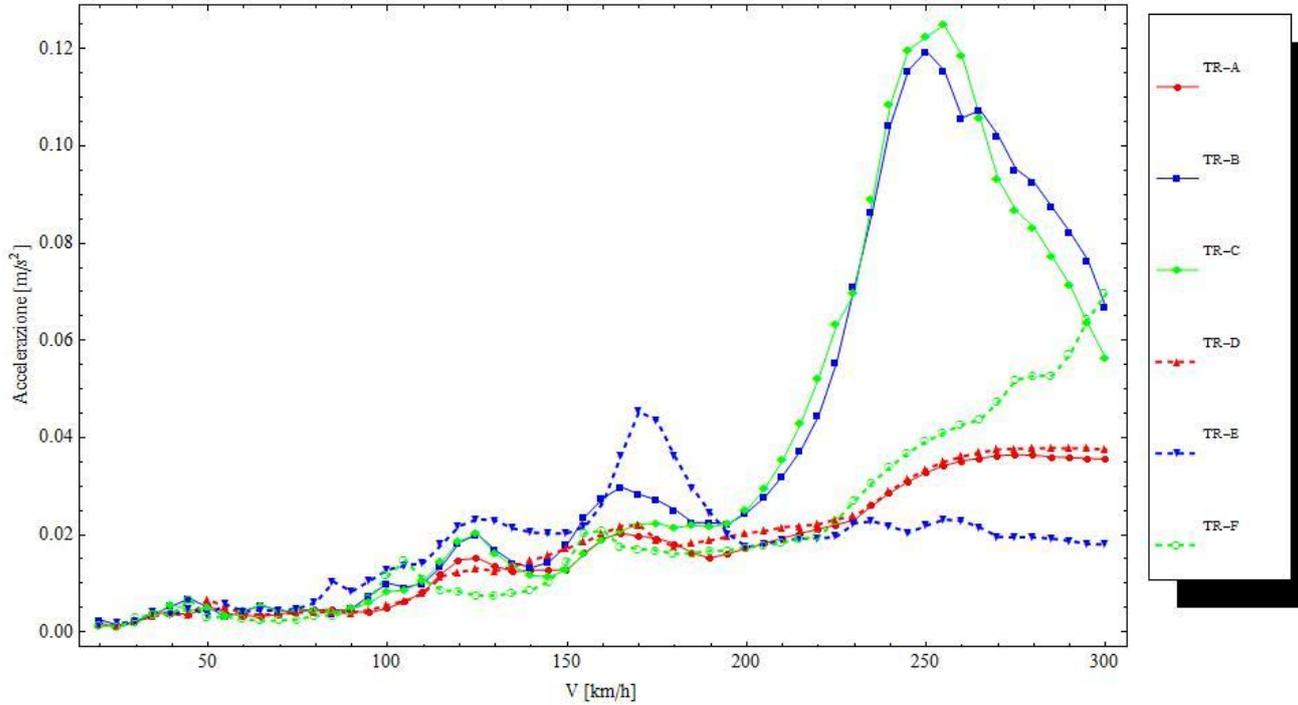
Treno di carico	Velocità di progetto [km/h]	$\varphi'_{\text{Reale},f}$	Accelerazione [m/s ²]	Velocità [m/s]
TR-B	185	1.624	-	-
TR-C	185	-	-	0.044
TR-C	190	-	0.697	-

Infine, il coefficiente dinamico reale massimo φ risulta pari a

$$\varphi = 1.725$$

7.2.3.3.2 ANALISI MOTO TORSIONALE





 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 63 di 137

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 ²]	Velocità [m/s]
TR-B	250	1.62	-	-
TR-C	250	-	-	0.0057
TR-C	255	-	0.125	-

Infine, il coefficiente dinamico reale massimo φ risulta pari a

$$\varphi = 1.721$$

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 $\varphi'_{\text{Reale}} = 1.774$, da cui $\varphi'_{\text{Reale}} + \varphi''^* = \varphi = 1.875$. Mentre, la massima accelerazione trasversale valutata sull'impalcato è pari a 0.886 m/s² (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 m/s²

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 64 di 137

7.3 VERIFICHE DI CUI AL PT. 1.4.2.6

In ottemperanza alla verifica imposta al punto 1.4.2.6 delle specifiche RFI di cui sopra, deve essere garantito che

$$(\varphi'_{Reale,f} + \varphi''^*) \cdot \left(\begin{array}{l} HSLM \\ oppure \\ RT \end{array} \right) \leq \Phi \cdot \left\{ \begin{array}{l} \alpha \cdot LM71 + \alpha \cdot SW / 0 \\ oppure \\ SW / 2 \end{array} \right\}$$

Come parametro per la coMParazione degli effetti dell'amplificazione dinamica mediante l'utilizzo dei coefficienti reali (valutati in questo capitolo) e quelli definiti dalle specifiche RFI, si fa riferimento alla freccia massima sulle travi di iMPalcato valutata secondo la relazione precedente nonché le massime sollecitazioni sulle travi. Si procede dunque al confronto della freccia massima dell'iMPalcato provocata dai modelli di carico LM71, SW/2 e dal modello di carico che, in base all'analisi dinamica condotta, provoca la massima amplificazione dinamica, ovvero il treno di carico HSLM-A3.

Il coefficiente Φ adottato e' quello relativo alle verifiche longitudinali e pari a $\Phi = 1.06$ mentre il coefficiente α vale $\alpha = 1.1$ per il treno di carico LM71.

Di seguito si riportano i massimi e i minimi spostamenti verticali valutati sulle travi:

	U3 max	U3 min
	[mm]	[mm]
HSLM-A3	0.707	-7.125
LM71	1.255	-12.994
SW2	1.474	-15.207

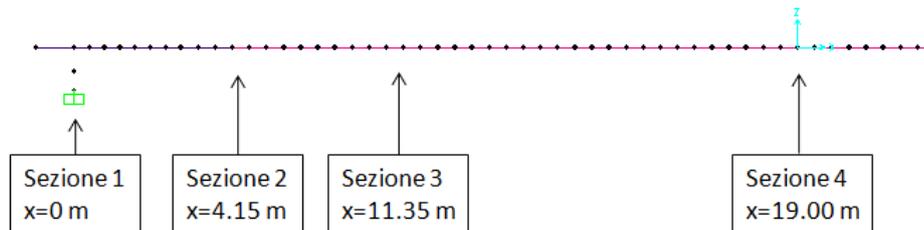
Di seguito si riportano i valori massimi e minimi delle sollecitazioni valutate sulle travi:

Sollecitazioni massime						
	P	V2	V3	T	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
HSLM-A3	983.088	161.75	107.417	0.4914	167.5801	802.8941
LM71	1753.214	247.402	177.029	0.8165	286.2554	1429.8369
SW2	2025.514	282.549	212.751	0.9759	343.4318	1645.5968
Sollecitazioni minime						
	P	V2	V3	T	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
HSLM-A3	-109.178	-295.12	-110.46	-0.4837	-36.8299	-92.2447
LM71	-136.423	-398.97	-182.325	-0.8037	-50.155	-156.3095
SW2	-152.493	-410.206	-219.432	-0.9606	-57.8345	-184.2523

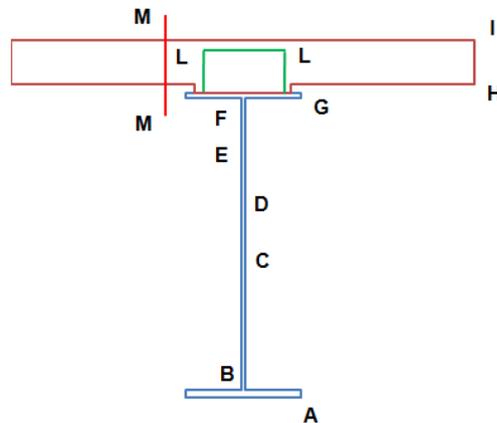
La verifica di cui al punto 1.4.2.6 delle specifiche RFI si ritiene soddisfatta.

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
Soletta

Spessore	$h_s = 0.3 \text{ m}$
Area	$A_s = 0.4960 \text{ m}^2$
Baricentro	$Y_s = 0.0032 \text{ m}$
Momento di inerzia	$J_s = 0.1615 \text{ m}^4$

Trave isolata

Area	$A_p = 0.1509 \text{ m}^2$
Baricentro	$Y_p = 0.6720 \text{ m}$
Momento di inerzia	$J_p = 0.0865 \text{ m}^4$

Modulo di resistenza

A: intradosso trave	$W_A = W(0.000) = 0.12879 \text{ m}^3$
B: intradosso anima	$W_B = W(0.060) = 0.14141 \text{ m}^3$
D: baricentro sezione composta (LT)	$W_D = W(0.827) = 0.50578 \text{ m}^3$
E: baricentro sezione composta (BT)	$W_E = W(1.171) = 0.17905 \text{ m}^3$
F: Estradosso anima	$W_F = W(1.890) = 0.07106 \text{ m}^3$
G: estradosso trave	$W_G = W(1.920) = 0.06935 \text{ m}^3$

Momenti statici

B: intradosso anima	$S_{p_B} = S^*(0.060) = 0.04623 \text{ m}^3$
C: baricentro trave isolata	$S_{p_C} = S^*(0.630) = 0.05184 \text{ m}^3$
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{p_D} = S^*(0.827) = 0.04603 \text{ m}^3$
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{p_E} = S^*(1.171) = 0.03769 \text{ m}^3$
F: Estradosso anima	$S_{p_F} = S^*(1.890) = 0.02959 \text{ m}^3$

Sezione composta: trave+soletta

Area BT	$A_{BT} = 0.2297 \text{ m}^2$
Baricentro BT	$Y_{BT} = 1.1554 \text{ m}$
Momento di inerzia BT	$J_{BT} = 0.1899 \text{ m}^4$
Area LT	$A_{LT} = 0.1718 \text{ m}^2$
Baricentro LT	$Y_{LT} = 0.8431 \text{ m}$
Momento di inerzia LT	$J_{LT} = 0.1231 \text{ m}^4$

Momenti statici BT

B: intradosso anima	$S_{B_BT} = S^*(0.060) = 0.0810 \text{ m}^3$
C: baricentro trave isolata	$S_{C_BT} = S^*(0.630) = 0.0955 \text{ m}^3$
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D_BT} = S^*(0.827) = 0.0976 \text{ m}^3$
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E_BT} = S^*(1.171) = 0.0990 \text{ m}^3$
F: Estradosso anima	$S_{F_BT} = S^*(1.890) = 0.0909 \text{ m}^3$
G: estradosso trave	$S_{G_BT} = S^*(1.920) = 0.0729 \text{ m}^3$

Momenti statici LT

B: intradosso anima	$S_{B_LT} = S^*(0.060) = 0.0585 \text{ m}^3$
C: baricentro trave isolata	$S_{C_LT} = S^*(0.630) = 0.0673 \text{ m}^3$
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D_LT} = S^*(0.827) = 0.0677 \text{ m}^3$
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E_LT} = S^*(1.171) = 0.0663 \text{ m}^3$
F: Estradosso anima	$S_{F_LT} = S^*(1.890) = 0.0513 \text{ m}^3$
G: estradosso trave	$S_{G_LT} = S^*(1.920) = 0.0513 \text{ m}^3$

 Larghezza della sezione nei puntit B-C-D-E $b_B = 0.03 \text{ m}$

 Larghezza della sezione nel punto F $b_F = 0.80 \text{ m}$
Verifica delle tensioni sulla sezione $x = 0 \text{ mm}$

Sollecitazioni agenti sulla sezione

Azione	P	M3	V2*
	kN	kNm	kN
1) Peso travi e getto soletta (fase 0+1)	11	-33	-668
2) Carichi permanenti BT	35	-106	-715
3) Carichi permanenti LT	-20	-134	-879
4) Carichi variabili MAX	461	462	200
5) Carichi variabili MIN	-369	-565	-1339
6) Ritiro soletta	-397	673	133
9) Carichi accidentali MAX	371	208	531
10) Carichi accidentali MIN	-350	-224	-680

* Taglio sulla sezione composta

Verifiche BT: 1+2+(4/5 , 9/10)

Verifiche LT: 1+3+(4/5 , 9/10)+6

Verifiche a fatica: sezione successiva

Punto

A

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = -0.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = -0.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = -1.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = 6.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = -6.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = 2.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = 4.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_{10}} = P / A_p + M3 / W_A = -4.1 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 5.6$ MPa
Tensione σ : SLU-Var BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -7.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = 7.4$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -6.1$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 3.3$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = -4.8$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = 5.3$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = -2.8$ MPa

Punto

B

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\begin{aligned} \sigma_{A_1} &= P / A_p + M3 / W_A = -0.2 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_2} &= P / A_p + M3 / W_A = -0.5 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_3} &= P / A_p + M3 / W_A = -1.1 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_4} &= P / A_p + M3 / W_A = 6.3 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_5} &= P / A_p + M3 / W_A = -6.4 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_6} &= P / A_p + M3 / W_A = 2.1 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_9} &= P / A_p + M3 / W_A = 3.9 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_10} &= P / A_p + M3 / W_A = -3.9 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 5.4$ MPa
Tensione σ : SLU-Var BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -7.4$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = 6.8$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -6.0$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 3.2$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = -4.6$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = 4.8$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = -3.0$ MPa

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V_2 S_{p_B}^*) / (J_P b_B) = 11.89 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 10.17 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 13.94 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 2.84 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 19.05 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 2.11 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 7.55 \text{ MPa}$$

$$T_{B_10} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 9.68 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 32.62 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 48.83 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 39.82 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 56.03 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 29.61 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 31.74 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 35.49 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 37.62 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0,5} =$	84.9 ≤ 319 MPa
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0,5} =$	97.3 ≤ 319 MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0,5} =$	55.2 ≤ 319 MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0,5} =$	65.3 ≤ 319 MPa

Punto C

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = 0.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = 0.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = -0.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = 3.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = -2.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = -2.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = 2.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_10} = P / A_p + M3 / W_A = -2.3 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max

$$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 3.5 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Min

$$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -2.0 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Max

$$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = 0.3 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Min

$$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -5.2 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Max

$$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 2.8 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Min

$$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = -2.0 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Max

$$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = -0.2 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Min

$$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = -5.0 \text{ MPa}$$

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V_2 S_{p_B}^*) / (J_p b_B) = 13.34 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 11.98 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 16.02 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 3.35 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 22.46 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 2.43 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 8.90 \text{ MPa}$$

$$T_{B_10} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 11.41 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 37.53 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 56.64 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 45.41 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 64.52 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 34.22 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 36.73 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 40.69 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 43.20 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var BT

$$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 98.2 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var LT

$$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 111.9 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Acc BT

$$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 63.7 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Acc LT

$$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 75.0 \leq 319 \text{ MPa}$$

Punto

D

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = 0.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = 0.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = 0.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = 2.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = -1.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = -4.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = 2.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_{10}} = P / A_p + M3 / W_A = -1.9 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 2.9 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -0.6 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = -1.5 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -4.9 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 2.6 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_{10}} = -1.3 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = -1.6 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_{10}} + \sigma_{A_6} = -5.6 \text{ MPa}$$

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V2 S_{p_B}) / (J_P b_B) = 11.84 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V2 S_{B_{BT}}) / (J_{BT} b_B) = 12.24 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V2 S_{B_{LT}}) / (J_{LT} b_B) = 16.13 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V2 S_{B_{BT}}) / (J_{BT} b_B) = 3.42 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V2 S_{B_{BT}}) / (J_{BT} b_B) = 22.94 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V2 S_{B_{LT}}) / (J_{LT} b_B) = 2.44 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V2 S_{B_{BT}}) / (J_{BT} b_B) = 9.09 \text{ MPa}$$

$$T_{B_{10}} = (V2 S_{B_{BT}}) / (J_{BT} b_B) = 11.65 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max

$$T_{B_{BT}} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 35.93 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Min

$$T_{B_{BT}} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 55.45 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 43.62$ MPa
Tensione τ : SLU-Var LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 63.14$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 33.17$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 35.73$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 39.50$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 42.06$ MPa

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0,5} = 96.1 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0,5} = 109.5 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0,5} = 61.9 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0,5} = 73.1 \leq 319$ MPa

Punto

E

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\begin{aligned} \sigma_{A_1} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.3 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_2} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.8 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_3} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.6 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_4} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.5 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_5} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.7 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_6} &= P / A_p + M3 / W_A = -6.4 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_9} &= P / A_p + M3 / W_A = 1.3 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_10} &= P / A_p + M3 / W_A = -1.1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 1.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Var BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = 2.2$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = -4.7$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -4.5$ MPa

Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 2.4$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = 0.0$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = -4.2$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = -6.6$ MPa

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V_2 S_{p_B}^*) / (J_P b_B) = 9.70 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 12.42 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 15.78 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 3.47 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 23.28 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 2.39 \text{ MPa}$$

$$T_{B_7} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 0.00 \text{ MPa}$$

$$T_{B_8} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 0.00 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 9.22 \text{ MPa}$$

$$T_{B_10} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 11.82 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 33.33$ MPa
Tensione τ : SLU-Var BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 53.14$ MPa
Tensione τ : SLU-Var LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 40.25$ MPa
Tensione τ : SLU-Var LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 60.06$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 31.35$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 33.95$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 37.09$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 39.69$ MPa

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 92.1 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 104.1 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 58.8 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 69.1 \leq 319$ MPa

Punto

E

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = 0.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = 1.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = 1.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = -3.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = 5.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = -12.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = -0.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_{10}} = P / A_p + M3 / W_A = 0.8 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = -0.4 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = 8.5 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = -12.5 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -3.5 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 1.8 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_{10}} = 3.1 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = -10.3 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_{10}} + \sigma_{A_6} = -9.0 \text{ MPa}$$

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V2 S_{p_B}) / (J_P b_B) = 7.61 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V2 S_{B_{BT}}) / (J_{BT} b_B) = 11.41 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V2 S_{B_{LT}}) / (J_{LT} b_B) = 12.22 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V2 S_{B_{BT}}) / (J_{BT} b_B) = 3.19 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V2 S_{B_{BT}}) / (J_{BT} b_B) = 21.38 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V2 S_{B_{LT}}) / (J_{LT} b_B) = 1.85 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V2 S_{B_{BT}}) / (J_{BT} b_B) = 8.47 \text{ MPa}$$

$$T_{B_{10}} = (V2 S_{B_{BT}}) / (J_{BT} b_B) = 10.86 \text{ MPa}$$

Tensione τ: SLU-Var BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 28.87 \text{ MPa}$
Tensione τ: SLU-Var BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 47.06 \text{ MPa}$
Tensione τ: SLU-Var LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 31.80 \text{ MPa}$
Tensione τ: SLU-Var LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 50.00 \text{ MPa}$
Tensione τ: SLU-Acc BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 27.49 \text{ MPa}$
Tensione τ: SLU-Acc BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_{10}} = 29.88 \text{ MPa}$
Tensione τ: SLU-Acc LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 30.15 \text{ MPa}$
Tensione τ: SLU-Acc LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_{10}} + T_{B_6} = 32.54 \text{ MPa}$

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 82.0 \leq 319 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 87.5 \leq 319 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 51.8 \leq 319 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 57.3 \leq 319 \text{ MPa}$

Punto

G

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\begin{aligned} \sigma_{A_1} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.5 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_2} &= P / A_p + M3 / W_A = 1.8 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_3} &= P / A_p + M3 / W_A = 1.8 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_4} &= P / A_p + M3 / W_A = -3.6 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_5} &= P / A_p + M3 / W_A = 5.7 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_6} &= P / A_p + M3 / W_A = -12.3 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_9} &= P / A_p + M3 / W_A = -0.5 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_{10}} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.9 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tensione σ: SLU-Var BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = -0.5 \text{ MPa}$
Tensione σ: SLU-Var BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = 8.8 \text{ MPa}$

Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = -12.8$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -3.5$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 1.8$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = 3.2$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = -10.5$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = -9.1$ MPa

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V_2 S_{p_B}^*) / (J_P b_B) = 13.20 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 9.15 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 12.22 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 2.56 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 17.15 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 1.85 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 6.80 \text{ MPa}$$

$$T_{B_10} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 8.71 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 32.73$ MPa
Tensione τ : SLU-Var BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 47.32$ MPa
Tensione τ : SLU-Var LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 38.71$ MPa
Tensione τ : SLU-Var LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 53.31$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 29.14$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 31.06$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 34.06$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 35.97$ MPa

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 82.4 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 93.2 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 53.9 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 63.2 \leq 319$ MPa

Calcolo della piolatura

Diametro connettore	$d =$	18 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)	$P_{Rd,1} =$	83.1 kN
Resistenza connettore (2)	$P_{Rd,2} =$	77.6 kN
Resistenza connettore Di progetto (min 1;2)	$P_{Rd} =$	77.6 kN
Forza di taglio BT	$F_{SC_BT} =$	885 kN/m
Forza di taglio LT	$F_{SC_LT} =$	960 kN/m
Numero di connettori al metro	$n =$	13 /m

Zona della soletta L-L

Momento statico BT	$S_{LL-BT} =$	0.062 m ³
Momento statico LT	$S_{LL-LT} =$	0.022 m ³
Forza sulla superficie di rottura L-L - BT	$F_{LL_BT} =$	752 kN/m
Acciaio inferiore a taglio - BT	$A_{LL_BT} =$	8.64 cm ² /m
Forza sulla superficie di rottura L-L - LT	$F_{LL_LT} =$	409 kN/m
Acciaio inferiore a taglio - LT	$A_{LL_LT} =$	4.71 cm ² /m

Zona della soletta M-M

Momento statico BT	$S_{LL-BT} =$	0.0193 m ³
Momento statico LT	$S_{LL-LT} =$	0.0068 m ³
Forza sulla superficie di rottura M-M - BT	$F_{MM_BT} =$	234 kN/m
Acciaio inferiore a taglio - BT	$Ac_{MM_BT} =$	5.38 cm ² /m
Forza sulla superficie di rottura M-M - LT	$F_{MM_LT} =$	128 kN/m
Acciaio inferiore a taglio - LT	$Ac_{MM_LT} =$	2.93 cm ² /m

Soletta

- Verifica longitudinale

Carico	SLU		SLE - CAR		SLE-QPERM	
	F11	M11	F11	M11	F11	M11
	kN/m	kNm/m	kN/m	kNm/m	kN/m	kNm/m
Max BT	165	-9	98	-31	26	-40
Min BT	-295	-139	-210	-109	-99	-47
Max LT	409	25	342	3	270	-6
Min LT	-51	-105	33	-75	145	-13

SLU

Larghezza sezione $b_s = 100 \text{ cm}$

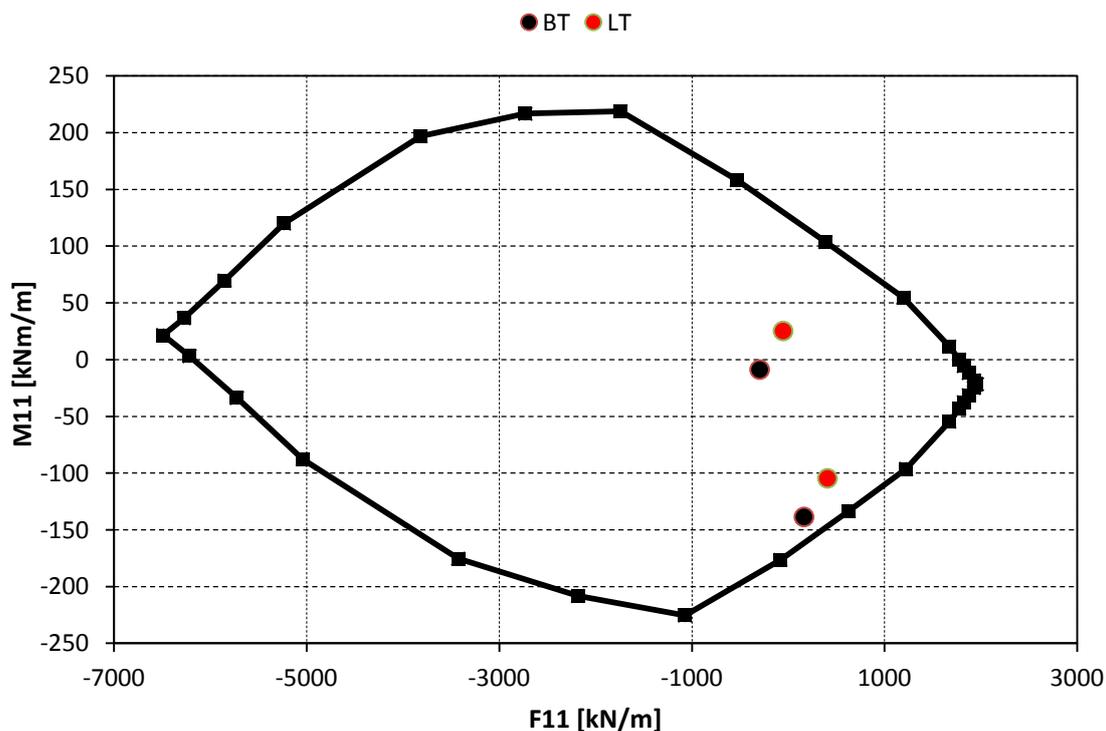
Altezza sezione $h_s = 25 \text{ cm}$

Area superiore acciaio $A_{sup} = 30.00 \text{ cm}^2/\text{m}$

Distanza A_{sup} - punto I $d_{sup} = 7 \text{ cm}$

Area inferiore acciaio $A_{inf} = 20.00 \text{ cm}^2/\text{m}$

Distanza A_{inf} - punto I $d_{inf} = 18 \text{ cm}$



8.2 Trave sezione 2

Caratteristiche della sezione

Soletta

Spessore	$h_s =$	0.3 m
Area	$A_s =$	0.4960 m²
Baricentro	$Y_s =$	0.0032 m
Momento di inerzia	$J_s =$	0.1615 m⁴

Trave isolata

Area	$A_p =$	0.1326 m²
Baricentro	$Y_p =$	0.6302 m
Momento di inerzia	$J_p =$	0.0795 m⁴

Modulo di resistenza

A: intradosso trave	$W_A =$	$W(0.000) =$	0.12620 m³
B: intradosso anima	$W_B =$	$W(0.060) =$	0.13947 m³
D: baricentro sezione composta (LT)	$W_D =$	$W(0.827) =$	0.40328 m³
E: baricentro sezione composta (BT)	$W_E =$	$W(1.171) =$	0.14705 m³
F: Estradosso anima	$W_F =$	$W(1.890) =$	0.06313 m³
G: estradosso trave	$W_G =$	$W(1.920) =$	0.06166 m³

Momenti statici

B: intradosso anima	$S_{p,B} =$	$S^*(0.060) =$	0.04321 m³
C: baricentro trave isolata	$S_{p,C} =$	$S^*(0.630) =$	0.04647 m³
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{p,D} =$	$S^*(0.827) =$	0.04189 m³
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{p,E} =$	$S^*(1.171) =$	0.03576 m³
F: Estradosso anima	$S_{p,F} =$	$S^*(1.890) =$	0.03060 m³

Sezione composta: trave+soletta

Area BT	$A_{BT} =$	0.2114 m²
Baricentro BT	$Y_{BT} =$	1.1710 m

Momento di inerzia BT	$J_{BT} = 0.1841 \text{ m}^4$
Area LT	$A_{LT} = 0.1535 \text{ m}^2$
Baricentro LT	$Y_{LT} = 0.8274 \text{ m}$
Momento di inerzia LT	$J_{LT} = 0.1176 \text{ m}^4$
Momenti statici BT	
B: intradosso anima	$S_{B_BT} = S^*(0.060) = 0.0822 \text{ m}^3$
C: baricentro trave isolata	$S_{C_BT} = S^*(0.630) = 0.0916 \text{ m}^3$
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D_BT} = S^*(0.827) = 0.0933 \text{ m}^3$
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E_BT} = S^*(1.171) = 0.0945 \text{ m}^3$
F: Estradosso anima	$S_{F_BT} = S^*(1.890) = 0.0893 \text{ m}^3$
G: estradosso trave	$S_{G_BT} = S^*(1.920) = 0.0717 \text{ m}^3$
Momenti statici LT	
B: intradosso anima	$S_{B_LT} = S^*(0.060) = 0.0574 \text{ m}^3$
C: baricentro trave isolata	$S_{C_LT} = S^*(0.630) = 0.0629 \text{ m}^3$
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D_LT} = S^*(0.827) = 0.0633 \text{ m}^3$
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E_LT} = S^*(1.171) = 0.0621 \text{ m}^3$
F: Estradosso anima	$S_{F_LT} = S^*(1.890) = 0.0520 \text{ m}^3$
G: estradosso trave	$S_{G_LT} = S^*(1.920) = 0.0520 \text{ m}^3$

Larghezza della sezione nei punti B-C-D-E $b_B = 0.02 \text{ m}$

Larghezza della sezione nel punto F $b_F = 0.80 \text{ m}$

Verifica delle tensioni sulla sezione $x = 4.15 \text{ mm}$

Sollecitazioni agenti sulla sezione

Azione	P	M3	V2*
	kN	kNm	kN
1) Peso travi e getto soletta (fase 0+1)	0	-5	1
2) Carichi permanenti BT	1095	3262	1034
3) Carichi permanenti LT	919	4550	1264
4) Carichi variabili MAX	2521	2257	1148
5) Carichi variabili MIN	-790	-758	-137
6) Ritiro soletta	-730	843	-28
7) Fatica MAX	0	0	0
8) Fatica MIN	0	0	0
9) Carichi accidentali MAX	1334	993	527
10) Carichi accidentali MIN	-1088	-767	-393

* Taglio sulla sezione composta

Verifiche BT: 1+2+(4/5 , 9/10)

Verifiche LT: 1+3+(4/5 , 9/10)+6

Verifiche a fatica: sezione successiva

Punto

A

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = 34.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = 43.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = 36.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = -12.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = 1.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = 17.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_{10}} = P / A_p + M3 / W_A = -14.3 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 82.9 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = 34.0 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = 96.1 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = 47.2$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 52.0$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = 19.8$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = 62.0$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = 29.8$ MPa

Punto

B

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\begin{aligned} \sigma_{A_1} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_2} &= P / A_p + M3 / W_A = 31.6 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_3} &= P / A_p + M3 / W_A = 39.6 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_4} &= P / A_p + M3 / W_A = 35.2 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_5} &= P / A_p + M3 / W_A = -11.4 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_6} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.5 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_9} &= P / A_p + M3 / W_A = 17.2 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_10} &= P / A_p + M3 / W_A = -13.7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 77.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Var BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = 31.3$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = 89.1$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = 42.5$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 48.8$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = 17.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = 57.2$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = 26.4$ MPa

Calcolo della tensione di taglio:

$$\begin{aligned} T_{B_1} &= (V2 S_{p_B}^*) / (J_P b_B) = 0.03 \text{ MPa} \\ T_{B_2} &= (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 23.06 \text{ MPa} \\ T_{B_3} &= (V2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 30.86 \text{ MPa} \\ T_{B_4} &= (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 25.61 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$T_{B_5} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 3.05 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.69 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 11.76 \text{ MPa}$$

$$T_{B_10} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 8.77 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 56.78 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 34.23 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 68.00 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 45.44 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 34.86 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 31.86 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 43.34 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 40.35 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0,5} = 125.4 \leq 319 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0,5} = 147.7 \leq 319 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0,5} = 77.6 \leq 319 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0,5} = 94.4 \leq 319 \text{ MPa}$

Punto

C

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = 8.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = 6.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = 19.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = -6.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = -5.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_7} = P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_8} = P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = 10.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_10} = P / A_p + M3 / W_A = -8.2 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max

$$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 30.2 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = 5.2$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = 22.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -2.1$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 18.3$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = 0.1$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = 11.5$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = -6.8$ MPa

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V_2 S_{p_B}^*) / (J_P b_B) = 0.04 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 25.70 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 33.81 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 28.55 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 3.40 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.75 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 13.11 \text{ MPa}$$

$$T_{B_10} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 9.77 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 63.29$ MPa
Tensione τ : SLU-Var BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 38.15$ MPa
Tensione τ : SLU-Var LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 75.00$ MPa
Tensione τ : SLU-Var LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 49.85$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 38.85$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 35.51$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 47.72$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 44.38$ MPa

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0,5} = 113.7 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0,5} = 131.9 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0,5} = 69.7 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0,5} = 83.4 \leq 319$ MPa

Punto

D

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = 0.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = -4.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = 13.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = -4.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = -7.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = 7.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_10} = P / A_p + M3 / W_A = -6.3 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max

$$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 13.7 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Min

$$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -3.8 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Max

$$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = 0.0 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Min

$$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -17.5 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Max

$$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 7.8 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Min

$$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = -6.1 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Max

$$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = -4.3 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Min

$$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = -18.2 \text{ MPa}$$

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V2 S_{p_B}^*) / (J_P b_B) = 0.03 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 26.19 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 34.02 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 29.09 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 3.47 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.76 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 13.36 \text{ MPa}$$

$$T_{B_10} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 9.96 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 64.49 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 38.87 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 75.83$ MPa
Tensione τ : SLU-Var LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 50.20$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 39.59$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_{10}} = 36.18$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 48.18$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_{10}} + T_{B_6} = 44.77$ MPa

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 112.5 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 132.5 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 69.0 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 85.4 \leq 319$ MPa

Punto

E

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\begin{aligned} \sigma_{A_1} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_2} &= P / A_p + M3 / W_A = -13.9 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_3} &= P / A_p + M3 / W_A = -24.0 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_4} &= P / A_p + M3 / W_A = 3.7 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_5} &= P / A_p + M3 / W_A = -0.8 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_6} &= P / A_p + M3 / W_A = -11.2 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_9} &= P / A_p + M3 / W_A = 3.3 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_{10}} &= P / A_p + M3 / W_A = -3.0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = -15.1$ MPa
Tensione σ : SLU-Var BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -19.6$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = -40.0$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -44.4$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = -10.6$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_{10}} = -16.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = -31.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_{10}} + \sigma_{A_6} = -38.2$ MPa

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V2 S_{p_B}^*) / (J_P b_B) = 0.03 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 26.52 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 33.39 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 29.46 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 3.51 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.74 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 13.53 \text{ MPa}$$

$$T_{B_10} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 10.08 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 65.30 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 39.35 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 75.32 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 49.37 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 40.08 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 36.63 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 47.69 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 44.24 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var BT

$$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0,5} = 114.8 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var LT

$$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0,5} = 137.8 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Acc BT

$$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0,5} = 71.4 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Acc LT

$$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0,5} = 91.0 \leq 319 \text{ MPa}$$

Punto

F

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = 0.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = -43.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = -65.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = -16.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = 6.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = -18.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = -5.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_{10}} = P / A_p + M3 / W_A = 3.9 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = -75.3 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -52.5 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = -123.5 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -100.7 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = -49.0 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_{10}} = -39.4 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = -89.6 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_{10}} + \sigma_{A_6} = -80.0 \text{ MPa}$$

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V2 S_{p_B}) / (J_P b_B) = 0.02 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V2 S_{B_{BT}}) / (J_{BT} b_B) = 25.07 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V2 S_{B_{LT}}) / (J_{LT} b_B) = 27.95 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V2 S_{B_{BT}}) / (J_{BT} b_B) = 27.85 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V2 S_{B_{BT}}) / (J_{BT} b_B) = 3.32 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V2 S_{B_{LT}}) / (J_{LT} b_B) = 0.62 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V2 S_{B_{BT}}) / (J_{BT} b_B) = 12.79 \text{ MPa}$$

$$T_{B_{10}} = (V2 S_{B_{BT}}) / (J_{BT} b_B) = 9.53 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max

$$T_{B_{BT}} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 61.73 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Min

$$T_{B_{BT}} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 37.20 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 66.24$ MPa
Tensione τ : SLU-Var LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 41.71$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 37.89$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_{10}} = 34.63$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 41.39$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_{10}} + T_{B_6} = 38.13$ MPa

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 130.7 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 168.5 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 81.9 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 114.8 \leq 319$ MPa

Punto

G

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\begin{aligned} \sigma_{A_1} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.1 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_2} &= P / A_p + M3 / W_A = -44.6 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_3} &= P / A_p + M3 / W_A = -66.9 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_4} &= P / A_p + M3 / W_A = -17.6 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_5} &= P / A_p + M3 / W_A = 6.3 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_6} &= P / A_p + M3 / W_A = -19.2 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_9} &= P / A_p + M3 / W_A = -6.0 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_{10}} &= P / A_p + M3 / W_A = 4.2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = -77.8$ MPa
Tensione σ : SLU-Var BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -53.8$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = -126.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -103.0$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = -50.6$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_{10}} = -40.3$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = -92.0$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_{10}} + \sigma_{A_6} = -81.7$ MPa

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V_2 S_{p_B}^*) / (J_P b_B) = 0.04 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 20.13 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 27.95 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 22.36 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 2.67 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.62 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 10.27 \text{ MPa}$$

$$T_{B_10} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 7.65 \text{ MPa}$$

 Tensione τ : SLU-Var BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 49.58 \text{ MPa}$$

 Tensione τ : SLU-Var BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 29.89 \text{ MPa}$$

 Tensione τ : SLU-Var LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 60.77 \text{ MPa}$$

 Tensione τ : SLU-Var LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 41.08 \text{ MPa}$$

 Tensione τ : SLU-Acc BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 30.43 \text{ MPa}$$

 Tensione τ : SLU-Acc BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 27.82 \text{ MPa}$$

 Tensione τ : SLU-Acc LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 38.88 \text{ MPa}$$

 Tensione τ : SLU-Acc LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 36.27 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var BT

$$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 115.9 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var LT

$$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 164.9 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Acc BT

$$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 73.1 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Acc LT

$$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 114.0 \leq 319 \text{ MPa}$$

Calcolo della piolatura

Diametro connettore

$$d = 18 \text{ mm}$$

Altezza connettore

$$h_{sc} = 220 \text{ mm}$$

Interasse trasversale

$$e_{tr} = 180 \text{ mm}$$

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

$$< 537.0 \text{ mm}$$

Massima distanza dal bordo

$$< 219.7 \text{ mm}$$

Resistenza connettore (1)

$$P_{Rd_1} = 83.1 \text{ kN}$$

Resistenza connettore (2)

$$P_{Rd_2} = 77.6 \text{ kN}$$

Resistenza connettori Di progetto (min 1;2)	$P_{Rd} = 77.6 \text{ kN}$
Forza di taglio BT	$F_{SC_BT} = 991 \text{ kN/m}$
Forza di taglio LT	$F_{SC_LT} = 1125 \text{ kN/m}$
Numero di connettori al metro	$n = 15 \text{ /m}$

Zona della soletta L-L

Momento statico BT	$S_{LL_BT} = 0.061 \text{ m}^3$
Momento statico LT	$S_{LL_LT} = 0.022 \text{ m}^3$
Forza sulla superficie di rottura L-L - BT	$F_{LL_BT} = 841 \text{ kN/m}$
Acciaio inferiore a taglio - BT	$A_{LL_BT} = 9.68 \text{ cm}^2/\text{m}$
Forza sulla superficie di rottura L-L - LT	$F_{LL_LT} = 479 \text{ kN/m}$
Acciaio inferiore a taglio - LT	$A_{LL_LT} = 5.51 \text{ cm}^2/\text{m}$

Zona della soletta M-M

Momento statico BT	$S_{LL_BT} = 0.0190 \text{ m}^3$
Momento statico LT	$S_{LL_LT} = 0.0069 \text{ m}^3$
Forza sulla superficie di rottura M-M - BT	$F_{MM_BT} = 262 \text{ kN/m}$
Acciaio inferiore a taglio - BT	$AC_{MM_BT} = 6.03 \text{ cm}^2/\text{m}$
Forza sulla superficie di rottura M-M - LT	$F_{MM_LT} = 149 \text{ kN/m}$
Acciaio inferiore a taglio - LT	$AC_{MM_LT} = 3.43 \text{ cm}^2/\text{m}$

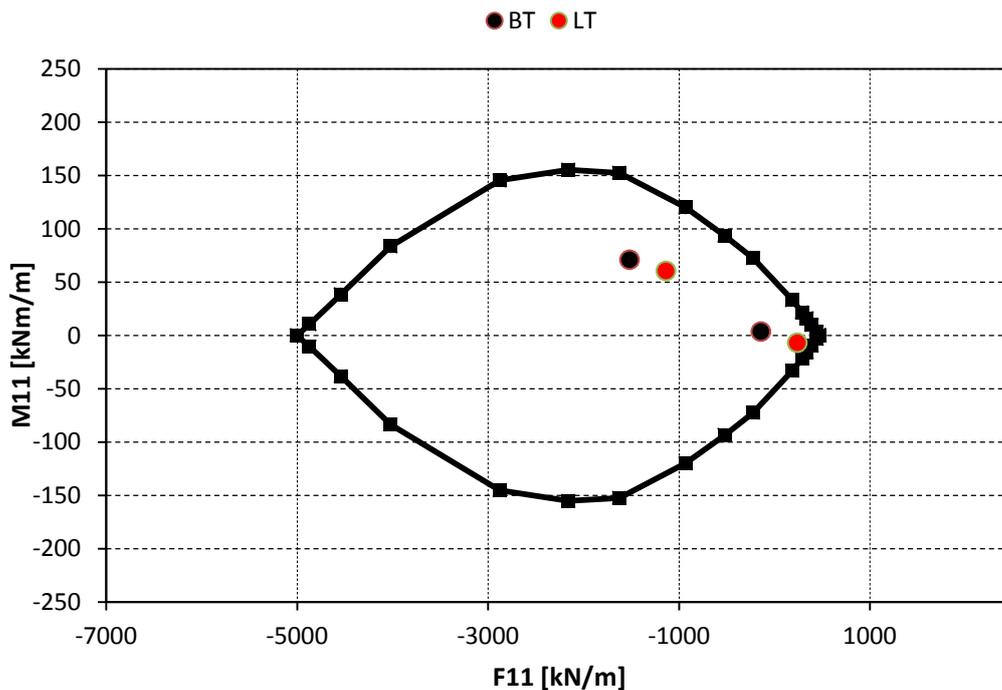
Soletta

- Verifica longitudinale

Carico	SLU		SLE - CAR		SLE-QPERM	
	F11	M11	F11	M11	F11	M11
	kN/m	kNm/m	kN/m	kNm/m	kN/m	kNm/m
Max BT	-141	71	-310	55	-414	21
Min BT	-1517	4	-1190	13	-531	18
Max LT	241	60	71	44	-33	10
Min LT	-1136	-7	-808	3	-149	8

SLU

Larghezza sezione $b_s = 100$ cm
 Altezza sezione $h_s = 25$ cm
 Area superiore acciaio $A_{sup} = 6.00$ cm²/m
 Distanza A_{sup} - punto I $d_{sup} = 7$ cm
 Area inferiore acciaio $A_{inf} = 6.00$ cm²/m
 Distanza A_{inf} - punto I $d_{inf} = 18$ cm



8.3 Trave sezione 3
Caratteristiche della sezione

Soletta	
Spessore	$h_s = 0.3 \text{ m}$
Area	$A_s = 0.4960 \text{ m}^2$
Baricentro	$Y_s = 0.0032 \text{ m}$
Momento di inerzia	$J_s = 0.1615 \text{ m}^4$

Trave isolata	
Area	$A_p = 0.1326 \text{ m}^2$
Baricentro	$Y_p = 0.6302 \text{ m}$
Momento di inerzia	$J_p = 0.0795 \text{ m}^4$

Modulo di resistenza	
A: intradosso trave	$W_A = W(0.000) = 0.12620 \text{ m}^3$
B: intradosso anima	$W_B = W(0.060) = 0.13947 \text{ m}^3$
D: baricentro sezione composta (LT)	$W_D = W(0.827) = 0.40328 \text{ m}^3$
E: baricentro sezione composta (BT)	$W_E = W(1.171) = 0.14705 \text{ m}^3$
F: Estradosso anima	$W_F = W(1.890) = 0.06313 \text{ m}^3$
G: estradosso trave	$W_G = W(1.920) = 0.06166 \text{ m}^3$
Momenti statici	
B: intradosso anima	$S_{p,B} = S^*(0.060) = 0.04321 \text{ m}^3$
C: baricentro trave isolata	$S_{p,C} = S^*(0.630) = 0.04647 \text{ m}^3$
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{p,D} = S^*(0.827) = 0.04189 \text{ m}^3$
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{p,E} = S^*(1.171) = 0.03576 \text{ m}^3$
F: Estradosso anima	$S_{p,F} = S^*(1.890) = 0.03060 \text{ m}^3$

Sezione composta: trave+soletta	
Area BT	$A_{BT} = 0.2114 \text{ m}^2$
Baricentro BT	$Y_{BT} = 1.1710 \text{ m}$
Momento di inerzia BT	$J_{BT} = 0.1841 \text{ m}^4$

Area LT	$A_{LT} = 0.1535 \text{ m}^2$
Baricentro LT	$Y_{LT} = 0.8274 \text{ m}$
Momento di inerzia LT	$J_{LT} = 0.1176 \text{ m}^4$
Momenti statici BT	
B: intradosso anima	$S_{B_BT} = S^*(0.060) = 0.0822 \text{ m}^3$
C: baricentro trave isolata	$S_{C_BT} = S^*(0.630) = 0.0916 \text{ m}^3$
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D_BT} = S^*(0.827) = 0.0933 \text{ m}^3$
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E_BT} = S^*(1.171) = 0.0945 \text{ m}^3$
F: Estradosso anima	$S_{F_BT} = S^*(1.890) = 0.0893 \text{ m}^3$
G: estradosso trave	$S_{G_BT} = S^*(1.920) = 0.0717 \text{ m}^3$
Momenti statici LT	
B: intradosso anima	$S_{B_LT} = S^*(0.060) = 0.0574 \text{ m}^3$
C: baricentro trave isolata	$S_{C_LT} = S^*(0.630) = 0.0629 \text{ m}^3$
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D_LT} = S^*(0.827) = 0.0633 \text{ m}^3$
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E_LT} = S^*(1.171) = 0.0621 \text{ m}^3$
F: Estradosso anima	$S_{F_LT} = S^*(1.890) = 0.0520 \text{ m}^3$
G: estradosso trave	$S_{G_LT} = S^*(1.920) = 0.0520 \text{ m}^3$

Larghezza della sezione nei punti B-C-D-E $b_B = 0.02 \text{ m}$

Larghezza della sezione nel punto F $b_F = 0.80 \text{ m}$

Verifica delle tensioni sulla sezione $x = 11.35 \text{ mm}$

Sollecitazioni agenti sulla sezione

Azione	P	M3	V2*
	kN	kNm	kN
1) Peso travi e getto soletta (fase 0+1)	0	0	21
2) Carichi permanenti BT	2451	6762	492
3) Carichi permanenti LT	2158	9429	603
4) Carichi variabili MAX	5263	4183	688
5) Carichi variabili MIN	-995	-820	-99
6) Ritiro soletta	-682	791	14
7) Fatica MAX	0	0	0
8) Fatica MIN	0	0	0
9) Carichi accidentali MAX	2714	1675	316
10) Carichi accidentali MIN	-2136	-1198	-239

* Taglio sulla sezione composta

Verifiche BT: 1+2+(4/5 , 9/10)

Verifiche LT: 1+3+(4/5 , 9/10)+6

Verifiche a fatica: sezione successiva

Punto A

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = 72.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = 91.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = 72.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = -14.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = 1.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = 33.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_{10}} = P / A_p + M3 / W_A = -25.6 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 170.1 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = 83.3 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = 196.8$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = 110.0$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 105.8$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = 46.5$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = 125.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = 66.5$ MPa

Punto

B

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\begin{aligned} \sigma_{A_1} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_2} &= P / A_p + M3 / W_A = 67.0 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_3} &= P / A_p + M3 / W_A = 83.9 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_4} &= P / A_p + M3 / W_A = 69.7 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_5} &= P / A_p + M3 / W_A = -13.4 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_6} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.5 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_9} &= P / A_p + M3 / W_A = 32.5 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_10} &= P / A_p + M3 / W_A = -24.7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 160.1$ MPa
Tensione σ : SLU-Var BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = 77.0$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = 183.5$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = 100.4$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 99.4$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = 42.3$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = 116.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = 59.7$ MPa

Calcolo della tensione di taglio:

$$\begin{aligned} T_{B_1} &= (V2 S_{p_B}^*) / (J_p b_B) = 0.57 \text{ MPa} \\ T_{B_2} &= (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 10.98 \text{ MPa} \\ T_{B_3} &= (V2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 14.71 \text{ MPa} \\ T_{B_4} &= (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 15.35 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$T_{B_5} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 2.20 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.34 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 7.06 \text{ MPa}$$

$$T_{B_10} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 5.34 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 30.94 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 17.79 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 36.32 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 23.17 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 18.61 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 16.88 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 22.68 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 20.95 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var BT

$$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 168.8 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var LT

$$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 193.9 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Acc BT

$$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 104.5 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Acc LT

$$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 123.3 \leq 319 \text{ MPa}$$

Punto

C

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = 18.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = 16.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = 39.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = -7.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = -5.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = 20.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_10} = P / A_p + M3 / W_A = -16.1 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 64.7$ MPa
Tensione σ : SLU-Var BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = 17.5$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = 56.5$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = 9.3$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 39.0$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_{10}} = 2.4$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = 31.6$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_{10}} + \sigma_{A_6} = -5.0$ MPa

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V_2 S_{p_B}^*) / (J_P b_B) = 0.61 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 12.24 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 16.12 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 17.11 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 2.46 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.37 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 7.87 \text{ MPa}$$

$$T_{B_{10}} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 5.95 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 34.45$ MPa
Tensione τ : SLU-Var BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 19.80$ MPa
Tensione τ : SLU-Var LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 40.07$ MPa
Tensione τ : SLU-Var LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 25.41$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 20.72$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_{10}} = 18.80$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 24.97$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_{10}} + T_{B_6} = 23.05$ MPa

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 88.0 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 89.5 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 53.0 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 53.6 \leq 319$ MPa

Punto

D

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = 1.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = -7.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = 29.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = -5.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = -7.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = 16.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_{10}} = P / A_p + M3 / W_A = -13.1 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 31.6 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -3.1 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = 12.6 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -22.2 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 18.0 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_{10}} = -11.4 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = 2.1 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_{10}} + \sigma_{A_6} = -27.3 \text{ MPa}$$

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V2 S_{p_{B^*}}) / (J_P b_B) = 0.55 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V2 S_{B_{BT^*}}) / (J_{BT} b_B) = 12.47 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V2 S_{B_{LT^*}}) / (J_{LT} b_B) = 16.22 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V2 S_{B_{BT^*}}) / (J_{BT} b_B) = 17.44 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V2 S_{B_{BT^*}}) / (J_{BT} b_B) = 2.50 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V2 S_{B_{LT^*}}) / (J_{LT} b_B) = 0.37 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V2 S_{B_{BT^*}}) / (J_{BT} b_B) = 8.02 \text{ MPa}$$

$$T_{B_{10}} = (V2 S_{B_{BT^*}}) / (J_{BT} b_B) = 6.06 \text{ MPa}$$

Tensione t : SLU-Var BT - Max

$$T_{B_{BT}} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 35.01 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 20.08$ MPa
Tensione τ : SLU-Var LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 40.45$ MPa
Tensione τ : SLU-Var LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 25.52$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 21.04$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 19.08$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 25.16$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 23.21$ MPa

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 68.4 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 73.5 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 40.7 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 51.5 \leq 319$ MPa

Punto

E

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\begin{aligned} \sigma_{A_1} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_2} &= P / A_p + M3 / W_A = -27.5 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_3} &= P / A_p + M3 / W_A = -47.8 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_4} &= P / A_p + M3 / W_A = 11.2 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_5} &= P / A_p + M3 / W_A = -1.9 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_6} &= P / A_p + M3 / W_A = -10.5 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_9} &= P / A_p + M3 / W_A = 9.1 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_10} &= P / A_p + M3 / W_A = -8.0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = -25.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Var BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -39.0$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = -63.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -77.0$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = -18.4$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = -35.5$ MPa

Tensione σ : SLU-Acc LT - Max

$$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = -49.3 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Min

$$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = -66.3 \text{ MPa}$$

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V_2 S_{p_B}^*) / (J_P b_B) = 0.47 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 12.63 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 15.92 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 17.66 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 2.53 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.37 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 8.12 \text{ MPa}$$

$$T_{B_10} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 6.14 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 35.34 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 20.22 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 40.15 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 25.02 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 21.22 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 19.24 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 24.87 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 22.89 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var BT

$$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 72.6 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var LT

$$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 103.8 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Acc BT

$$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 51.1 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Acc LT

$$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 79.1 \leq 319 \text{ MPa}$$

Punto

F

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\begin{aligned}\sigma_{A_1} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_2} &= P / A_p + M3 / W_A = -88.6 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_3} &= P / A_p + M3 / W_A = -133.1 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_4} &= P / A_p + M3 / W_A = -26.6 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_5} &= P / A_p + M3 / W_A = 5.5 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_6} &= P / A_p + M3 / W_A = -17.7 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_9} &= P / A_p + M3 / W_A = -6.1 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_{10}} &= P / A_p + M3 / W_A = 2.9 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = -146.2 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -114.2 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = -223.9 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -191.9 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = -94.7 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_{10}} = -85.8 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = -156.8 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_{10}} + \sigma_{A_6} = -147.9 \text{ MPa}$$

Calcolo della tensione di taglio:

$$\begin{aligned}T_{B_1} &= (V2 S_{p_B^*}) / (J_P b_B) = 0.40 \text{ MPa} \\ T_{B_2} &= (V2 S_{B_{BT}^*}) / (J_{BT} b_B) = 11.94 \text{ MPa} \\ T_{B_3} &= (V2 S_{B_{LT}^*}) / (J_{LT} b_B) = 13.33 \text{ MPa} \\ T_{B_4} &= (V2 S_{B_{BT}^*}) / (J_{BT} b_B) = 16.69 \text{ MPa} \\ T_{B_5} &= (V2 S_{B_{BT}^*}) / (J_{BT} b_B) = 2.40 \text{ MPa} \\ T_{B_6} &= (V2 S_{B_{LT}^*}) / (J_{LT} b_B) = 0.31 \text{ MPa} \\ T_{B_9} &= (V2 S_{B_{BT}^*}) / (J_{BT} b_B) = 7.68 \text{ MPa} \\ T_{B_{10}} &= (V2 S_{B_{BT}^*}) / (J_{BT} b_B) = 5.80 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max

$$T_{B_{BT}} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 33.35 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Min

$$T_{B_{BT}} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 19.05 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Max

$$T_{B_{LT}} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 35.53 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Min

$$T_{B_{LT}} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 21.24 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc BT - Max

$$T_{B_{BT}} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 20.02 \text{ MPa}$$

Tensione T : SLU-Acc BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 18.14$ MPa
Tensione T : SLU-Acc LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 21.71$ MPa
Tensione T : SLU-Acc LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 19.84$ MPa

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 157.2 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 232.2 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 100.8 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 161.3 \leq 319$ MPa

Punto

G

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\begin{aligned} \sigma_{A_1} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_2} &= P / A_p + M3 / W_A = -91.2 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_3} &= P / A_p + M3 / W_A = -136.6 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_4} &= P / A_p + M3 / W_A = -28.2 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_5} &= P / A_p + M3 / W_A = 5.8 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_6} &= P / A_p + M3 / W_A = -18.0 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_9} &= P / A_p + M3 / W_A = -6.7 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_10} &= P / A_p + M3 / W_A = 3.3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = -151.2$ MPa
Tensione σ : SLU-Var BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -117.3$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = -230.6$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -196.6$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = -97.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = -87.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = -161.3$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = -151.3$ MPa

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V_2 S_{p_B}^*) / (J_p b_B) = 0.63 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 9.58 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 13.33 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 13.40 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 1.92 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.31 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 6.16 \text{ MPa}$$

$$T_{B_10} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 4.66 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 27.20 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 15.72 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 32.56 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 21.08 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 16.38 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 14.88 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 20.43 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 18.93 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 158.4 \leq 319 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 237.4 \leq 319 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 101.9 \leq 319 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 165.1 \leq 319 \text{ MPa}$

Calcolo della piolatura

Diametro connettore	$d =$	18 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)	$P_{Rd,1} =$	83.1 kN
Resistenza connettore (2)	$P_{Rd,2} =$	77.6 kN
Resistenza connettore Di progetto (min 1;2)	$P_{Rd} =$	77.6 kN
Forza di taglio BT	$F_{SC,BT} =$	527 kN/m
Forza di taglio LT	$F_{SC,LT} =$	598 kN/m
Numero di connettori al metro	$n =$	8 /m

Zona della soletta L-L

Momento statico BT	$S_{LL-BT} =$	0.061 m ³
Momento statico LT	$S_{LL-LT} =$	0.022 m ³
Forza sulla superficie di rottura L-L - BT	$F_{LL,BT} =$	447 kN/m
Acciaio inferiore a taglio - BT	$A_{LL,BT} =$	5.15 cm ² /m
Forza sulla superficie di rottura L-L - LT	$F_{LL,LT} =$	255 kN/m
Acciaio inferiore a taglio - LT	$A_{LL,LT} =$	2.93 cm ² /m

Zona della soletta M-M

Momento statico BT	$S_{LL-BT} =$	0.0190 m ³
Momento statico LT	$S_{LL-LT} =$	0.0069 m ³
Forza sulla superficie di rottura M-M - BT	$F_{MM,BT} =$	139 kN/m
Acciaio inferiore a taglio - BT	$AC_{MM,BT} =$	3.21 cm ² /m
Forza sulla superficie di rottura M-M - LT	$F_{MM,LT} =$	79 kN/m
Acciaio inferiore a taglio - LT	$AC_{MM,LT} =$	1.82 cm ² /m

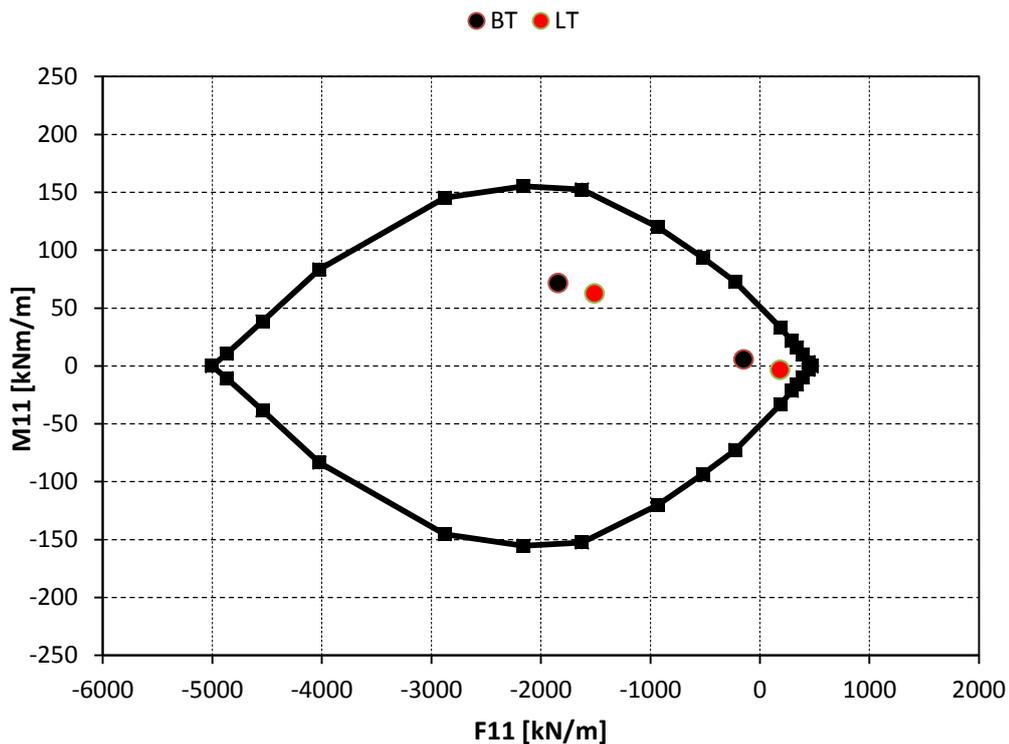
Soletta

- Verifica longitudinale

Carico	SLU		SLE - CAR		SLE-QPERM	
	F11	M11	F11	M11	F11	M11
	kN/m	kNm/m	kN/m	kNm/m	kN/m	kNm/m
Max BT	-149	72	-492	56	-564	22
Min BT	-1844	6	-1456	16	-635	20
Max LT	183	63	-160	47	-232	13
Min LT	-1511	-3	-1123	7	-303	11

SLU

Larghezza sezione	$b_s = 100 \text{ cm}$
Altezza sezione	$h_s = 25 \text{ cm}$
Area superiore acciaio	$A_{sup} = 6.00 \text{ cm}^2/\text{m}$
Distanza A_{sup} - punto I	$d_{sup} = 7 \text{ cm}$
Area inferiore acciaio	$A_{inf} = 6.00 \text{ cm}^2/\text{m}$
Distanza A_{inf} - punto I	$d_{inf} = 18 \text{ cm}$



8.4 Trave sezione 4

Caratteristiche della sezione

Soletta

Spessore	$h_s = 0.3 \text{ m}$
Area	$A_s = 0.4960 \text{ m}^2$
Baricentro	$Y_s = 0.0032 \text{ m}$
Momento di inerzia	$J_s = 0.1615 \text{ m}^4$

Trave isolata

Area	$A_p = 0.1326 \text{ m}^2$
Baricentro	$Y_p = 0.6302 \text{ m}$
Momento di inerzia	$J_p = 0.0795 \text{ m}^4$

Modulo di resistenza

A: intradosso trave	$W_A = W(0.000) = 0.12620 \text{ m}^3$
B: intradosso anima	$W_B = W(0.060) = 0.13947 \text{ m}^3$
D: baricentro sezione composta (LT)	$W_D = W(0.827) = 0.40328 \text{ m}^3$
E: baricentro sezione composta (BT)	$W_E = W(1.171) = 0.14705 \text{ m}^3$
F: Estradosso anima	$W_F = W(1.890) = 0.06313 \text{ m}^3$
G: estradosso trave	$W_G = W(1.920) = 0.06166 \text{ m}^3$

Momenti statici

B: intradosso anima	$S_{p_B} = S^*(0.060) = 0.04321 \text{ m}^3$
C: baricentro trave isolata	$S_{p_C} = S^*(0.630) = 0.04647 \text{ m}^3$
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{p_D} = S^*(0.827) = 0.04189 \text{ m}^3$
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{p_E} = S^*(1.171) = 0.03576 \text{ m}^3$
F: Estradosso anima	$S_{p_F} = S^*(1.890) = 0.03060 \text{ m}^3$

Sezione composta: trave+soletta

Area BT	$A_{BT} = 0.2114 \text{ m}^2$
Baricentro BT	$Y_{BT} = 1.1710 \text{ m}$

Momento di inerzia BT	$J_{BT} = 0.1841 \text{ m}^4$
Area LT	$A_{LT} = 0.1535 \text{ m}^2$
Baricentro LT	$Y_{LT} = 0.8274 \text{ m}$
Momento di inerzia LT	$J_{LT} = 0.1176 \text{ m}^4$
Momenti statici BT	
B: intradosso anima	$S_{B_BT} = S^*(0.060) = 0.0822 \text{ m}^3$
C: baricentro trave isolata	$S_{C_BT} = S^*(0.630) = 0.0916 \text{ m}^3$
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D_BT} = S^*(0.827) = 0.0933 \text{ m}^3$
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E_BT} = S^*(1.171) = 0.0945 \text{ m}^3$
F: Estradosso anima	$S_{F_BT} = S^*(1.890) = 0.0893 \text{ m}^3$
G: estradosso trave	$S_{G_BT} = S^*(1.920) = 0.0717 \text{ m}^3$
Momenti statici LT	
B: intradosso anima	$S_{B_LT} = S^*(0.060) = 0.0574 \text{ m}^3$
C: baricentro trave isolata	$S_{C_LT} = S^*(0.630) = 0.0629 \text{ m}^3$
D: baricentro sezione composta (LT)	$S_{D_LT} = S^*(0.827) = 0.0633 \text{ m}^3$
E: baricentro sezione composta (BT)	$S_{E_LT} = S^*(1.171) = 0.0621 \text{ m}^3$
F: Estradosso anima	$S_{F_LT} = S^*(1.890) = 0.0520 \text{ m}^3$
G: estradosso trave	$S_{G_LT} = S^*(1.920) = 0.0520 \text{ m}^3$

 Larghezza della sezione nei puntit B-C-D-E $b_B = 0.02 \text{ m}$

 Larghezza della sezione nel punto F $b_F = 0.80 \text{ m}$

Verifica delle tensioni sulla sezione **x = 19 mm**

-

Sollecitazioni agenti sulla sezione

Azione	P	M3	V2*
	kN	kNm	kN
1) Peso travi e getto soletta (fase 0+1)	0	1	-31
2) Carichi permanenti BT	2923	8008	23
3) Carichi permanenti LT	2574	11167	25
4) Carichi variabili MAX	6184	4824	310
5) Carichi variabili MIN	-1001	-822	-274
6) Ritiro soletta	-646	800	1
7) Fatica MAX	0	0	0
8) Fatica MIN	0	0	0
9) Carichi accidentali MAX	3254	1942	216
10) Carichi accidentali MIN	-2554	-1376	-211

* Taglio sulla sezione composta

Verifiche BT: 1+2+(4/5 , 9/10)

Verifiche LT: 1+3+(4/5 , 9/10)+6

Verifiche a fatica: sezione successiva

Punto

A

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = 85.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = 107.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = 84.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = -14.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = 1.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = 39.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_{10}} = P / A_p + M3 / W_A = -30.2 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 200.3 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = 101.4 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = 232.0 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = 133.1 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 125.4 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_{10}} = 55.3 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = 149.3 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_{10}} + \sigma_{A_6} = 79.2 \text{ MPa}$$

Punto

B

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = 79.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = 99.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = 81.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = -13.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = 0.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = 38.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_{10}} = P / A_p + M3 / W_A = -29.1 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 188.5$ MPa
Tensione σ : SLU-Var BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = 93.8$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = 216.4$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = 121.7$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 117.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_{10}} = 50.3$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = 138.8$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_{10}} + \sigma_{A_6} = 71.2$ MPa

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V2 S_{p_B}^*) / (J_P b_B) = 0.84 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 0.50 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.60 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 6.92 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 6.10 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.03 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 4.83 \text{ MPa}$$

$$T_{B_{10}} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 4.72 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 8.74$ MPa
Tensione τ : SLU-Var BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 7.92$ MPa
Tensione τ : SLU-Var LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 8.90$ MPa
Tensione τ : SLU-Var LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 8.08$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 6.17$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_{10}} = 6.06$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 6.30$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_{10}} + T_{B_6} = 6.19$ MPa

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0,5} = 189.1 \leq 319 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0,5} = 216.9 \leq 319 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0,5} = 118.4 \leq 319 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0,5} = 139.2 \leq 319 \text{ MPa}$

Punto

C

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = 22.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = 19.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = 46.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = -7.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = -4.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = 24.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_10} = P / A_p + M3 / W_A = -19.3 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max

$$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 76.4 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Min

$$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = 22.2 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Max

$$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = 68.0 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Min

$$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = 13.8 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Max

$$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 46.6 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Min

$$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = 2.8 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Max

$$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = 39.1 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Min

$$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = -4.7 \text{ MPa}$$

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V2 S_{p_B}^*) / (J_P b_B) = 0.90 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 0.56 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.66 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 7.72 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 6.80 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.03 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 5.38 \text{ MPa}$$

$$T_{B_10} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 5.26 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 9.69 \text{ MPa}$
Tensione t: SLU-Var BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 8.78 \text{ MPa}$
Tensione t: SLU-Var LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 9.86 \text{ MPa}$
Tensione t: SLU-Var LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 8.94 \text{ MPa}$
Tensione t: SLU-Acc BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 6.85 \text{ MPa}$
Tensione t: SLU-Acc BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 6.72 \text{ MPa}$
Tensione t: SLU-Acc LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 6.97 \text{ MPa}$
Tensione t: SLU-Acc LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 6.85 \text{ MPa}$

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 78.2 \leq 319 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 70.1 \leq 319 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 48.1 \leq 319 \text{ MPa}$
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 40.9 \leq 319 \text{ MPa}$

Punto

D

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\begin{aligned} \sigma_{A_1} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_2} &= P / A_p + M3 / W_A = 2.2 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_3} &= P / A_p + M3 / W_A = -8.3 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_4} &= P / A_p + M3 / W_A = 34.7 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_5} &= P / A_p + M3 / W_A = -5.5 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_6} &= P / A_p + M3 / W_A = -6.9 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_9} &= P / A_p + M3 / W_A = 19.7 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_10} &= P / A_p + M3 / W_A = -15.8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = 37.6 \text{ MPa}$
Tensione σ : SLU-Var BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -2.6 \text{ MPa}$
Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = 16.6 \text{ MPa}$
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -23.6 \text{ MPa}$
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = 21.9 \text{ MPa}$
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = -13.7 \text{ MPa}$
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = 4.6 \text{ MPa}$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Min

$$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = -31.0 \text{ MPa}$$

Calcolo della tensione di taglio:

$$\begin{aligned} T_{B_1} &= (V_2 S_{p_B}^*) / (J_P b_B) = 0.82 \text{ MPa} \\ T_{B_2} &= (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 0.57 \text{ MPa} \\ T_{B_3} &= (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.66 \text{ MPa} \\ T_{B_4} &= (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 7.86 \text{ MPa} \\ T_{B_5} &= (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 6.93 \text{ MPa} \\ T_{B_6} &= (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.03 \text{ MPa} \\ T_{B_9} &= (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 5.48 \text{ MPa} \\ T_{B_10} &= (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 5.36 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 9.74 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 8.80 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 9.89 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 8.96 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 6.87 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 6.74 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 6.99 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 6.86 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var BT

$$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 41.2 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var LT

$$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 29.1 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Acc BT

$$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 24.9 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Acc LT

$$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 33.3 \leq 319 \text{ MPa}$$

Punto

E

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = -32.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = -56.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = 13.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = -2.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = -10.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = 11.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_{10}} = P / A_p + M3 / W_A = -9.9 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = -29.9 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -45.7 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = -72.8 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -88.6 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = -21.1 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_{10}} = -42.3 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = -55.5 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_{10}} + \sigma_{A_6} = -76.7 \text{ MPa}$$

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V2 S_{p_B}^*) / (J_P b_B) = 0.70 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V2 S_{B_{BT}}^*) / (J_{BT} b_B) = 0.58 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V2 S_{B_{LT}}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.65 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V2 S_{B_{BT}}^*) / (J_{BT} b_B) = 7.96 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V2 S_{B_{BT}}^*) / (J_{BT} b_B) = 7.02 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V2 S_{B_{LT}}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.03 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V2 S_{B_{BT}}^*) / (J_{BT} b_B) = 5.55 \text{ MPa}$$

$$T_{B_{10}} = (V2 S_{B_{BT}}^*) / (J_{BT} b_B) = 5.43 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max

$$T_{B_{BT}} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 9.68 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Min

$$T_{B_{BT}} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 8.74 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Max

$$T_{B_{LT}} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 9.81 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Min

$$T_{B_{LT}} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 8.86 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 6.83$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 6.70$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 6.93$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 6.80$ MPa

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 48.7 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 90.2 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 43.9 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 77.7 \leq 319$ MPa

Punto

E

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\begin{aligned} \sigma_{A_1} &= P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_2} &= P / A_p + M3 / W_A = -104.8 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_3} &= P / A_p + M3 / W_A = -157.5 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_4} &= P / A_p + M3 / W_A = -29.8 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_5} &= P / A_p + M3 / W_A = 5.5 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_6} &= P / A_p + M3 / W_A = -17.5 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_9} &= P / A_p + M3 / W_A = -6.2 \text{ MPa} \\ \sigma_{A_10} &= P / A_p + M3 / W_A = 2.5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = -171.3$ MPa
Tensione σ : SLU-Var BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -136.0$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = -259.9$ MPa
Tensione σ : SLU-Var LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -224.7$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Max	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = -111.0$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc BT - Min	$\sigma_{A_BT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_10} = -102.3$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Max	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = -181.3$ MPa
Tensione σ : SLU-Acc LT - Min	$\sigma_{A_LT} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_10} + \sigma_{A_6} = -172.5$ MPa

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V_2 S_{p_B}^*) / (J_p b_B) = 0.60 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 0.55 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.54 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 7.53 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 6.64 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V_2 S_{B_LT}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.02 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 5.25 \text{ MPa}$$

$$T_{B_10} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 5.13 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 9.07 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 8.18 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 9.09 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Var LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 8.20 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc BT - Max

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 6.39 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc BT - Min

$$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 6.27 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc LT - Max

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 6.41 \text{ MPa}$$

Tensione t: SLU-Acc LT - Min

$$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 6.29 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var BT

$$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 172.0 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Var LT

$$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 260.4 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Acc BT

$$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 111.6 \leq 319 \text{ MPa}$$

Verifica tensione globale SLU-Acc LT

$$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 181.6 \leq 319 \text{ MPa}$$

Punto

G

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{A_1} = P / A_p + M3 / W_A = 0.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_2} = P / A_p + M3 / W_A = -107.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_3} = P / A_p + M3 / W_A = -161.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_4} = P / A_p + M3 / W_A = -31.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_5} = P / A_p + M3 / W_A = 5.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_6} = P / A_p + M3 / W_A = -17.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_9} = P / A_p + M3 / W_A = -7.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{A_{10}} = P / A_p + M3 / W_A = 3.1 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_4} = -177.2 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_5} = -139.8 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_4} + \sigma_{A_6} = -267.7 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Var LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_5} + \sigma_{A_6} = -230.4 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Max

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_9} = -114.8 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc BT - Min

$$\sigma_{A_{BT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_2} + \sigma_{A_{10}} = -104.8 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Max

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_9} + \sigma_{A_6} = -186.5 \text{ MPa}$$

Tensione σ : SLU-Acc LT - Min

$$\sigma_{A_{LT}} = \sigma_{A_1} + \sigma_{A_3} + \sigma_{A_{10}} + \sigma_{A_6} = -176.5 \text{ MPa}$$

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V2 S_{p_B}^*) / (J_P b_B) = 0.94 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V2 S_{B_{BT}}^*) / (J_{BT} b_B) = 0.44 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V2 S_{B_{LT}}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.54 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V2 S_{B_{BT}}^*) / (J_{BT} b_B) = 6.04 \text{ MPa}$$

$$T_{B_5} = (V2 S_{B_{BT}}^*) / (J_{BT} b_B) = 5.33 \text{ MPa}$$

$$T_{B_6} = (V2 S_{B_{LT}}^*) / (J_{LT} b_B) = 0.02 \text{ MPa}$$

$$T_{B_9} = (V2 S_{B_{BT}}^*) / (J_{BT} b_B) = 4.21 \text{ MPa}$$

$$T_{B_{10}} = (V2 S_{B_{BT}}^*) / (J_{BT} b_B) = 4.12 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Max

$$T_{B_{BT}} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_4} = 7.91 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var BT - Min

$$T_{B_{BT}} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_5} = 7.19 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Max

$$T_{B_{LT}} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_6} = 8.08 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Var LT - Min

$$T_{B_{LT}} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_5} + T_{B_6} = 7.36 \text{ MPa}$$

Tensione τ : SLU-Acc BT - Max	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_9} = 5.60$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc BT - Min	$T_{B_BT} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_10} = 5.50$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Max	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_9} + T_{B_6} = 5.73$ MPa
Tensione τ : SLU-Acc LT - Min	$T_{B_LT} = T_{B_1} + T_{B_3} + T_{B_10} + T_{B_6} = 5.63$ MPa

Verifica tensione globale SLU-Var BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 177.7 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Var LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 268.1 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc BT	$\sigma_{i_BT} = (\sigma_{B_BT}^2 + 3 T_{B_BT}^2)^{0.5} = 115.2 \leq 319$ MPa
Verifica tensione globale SLU-Acc LT	$\sigma_{i_LT} = (\sigma_{B_LT}^2 + 3 T_{B_LT}^2)^{0.5} = 186.8 \leq 319$ MPa

Calcolo della piolatura

Diametro connettore	$d = 18$ 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)	$P_{Rd_1} = 83.1$ kN
Resistenza connettore (2)	$P_{Rd_2} = 77.6$ kN
Resistenza connettorer Di progetto (min 1;2)	$P_{Rd} = 77.6$ kN
Forza di taglio BT	$F_{SC_BT} = 133$ kN/m
Forza di taglio LT	$F_{SC_LT} = 151$ kN/m
Numero di connettori al metro	$n = 2$ /m

Zona della soletta L-L

Momento statico BT	$S_{LL-BT} = 0.061$ m ³
Momento statico LT	$S_{LL-LT} = 0.022$ m ³
Forza sulla superficie di rottura L-L - BT	$F_{LL_BT} = 113$ kN/m
Acciaio inferiore a taglio - BT	$A_{LL_BT} = 1.30$ cm ² /m
Forza sulla superficie di rottura L-L - LT	$F_{LL_LT} = 64$ kN/m
Acciaio inferiore a taglio - LT	$A_{LL_LT} = 0.74$ cm ² /m

Zona della soletta M-M

Momento statico BT	$S_{LL-BT} = 0.0190 \text{ m}^3$
Momento statico LT	$S_{LL-LT} = 0.0069 \text{ m}^3$
Forza sulla superficie di rottura M-M - BT	$F_{MM-BT} = 35 \text{ kN/m}$
Acciaio inferiore a taglio - BT	$AC_{MM-BT} = 0.81 \text{ cm}^2/\text{m}$
Forza sulla superficie di rottura M-M - LT	$F_{MM-LT} = 20 \text{ kN/m}$
Acciaio inferiore a taglio - LT	$AC_{MM-LT} = 0.46 \text{ cm}^2/\text{m}$

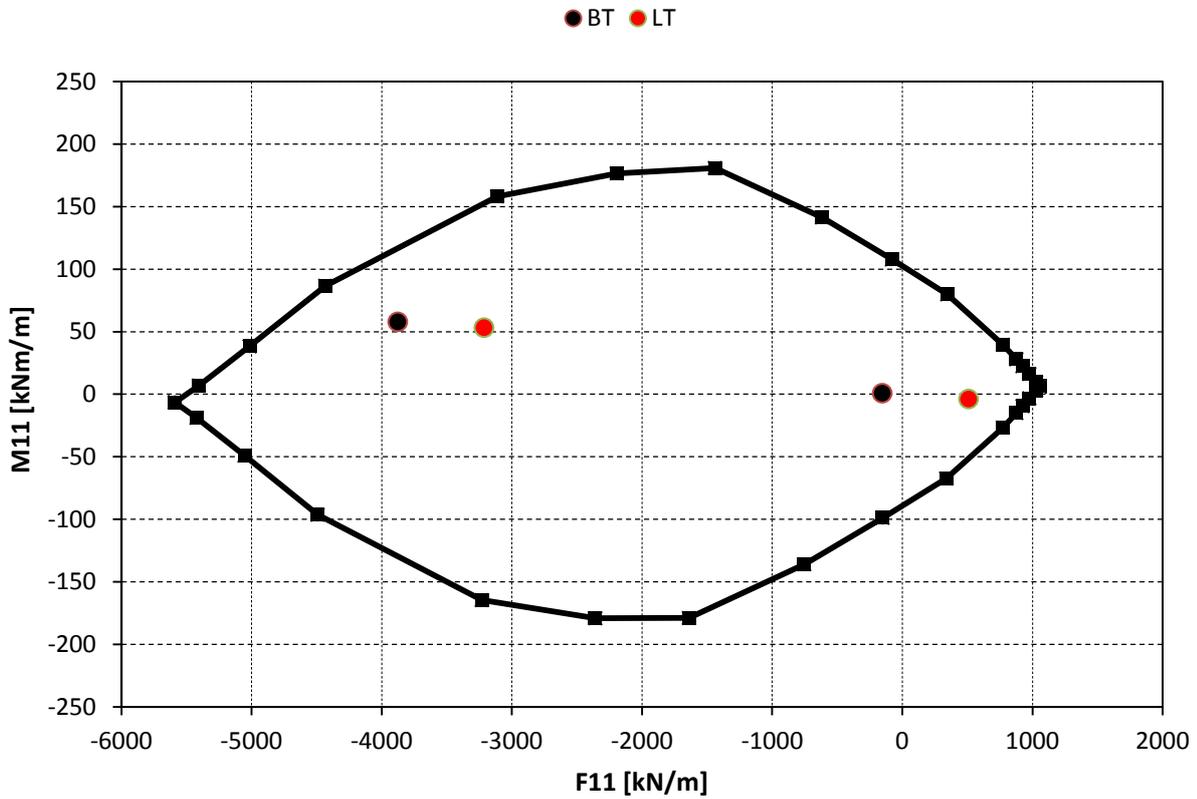
Soletta

Verifica longitudinale

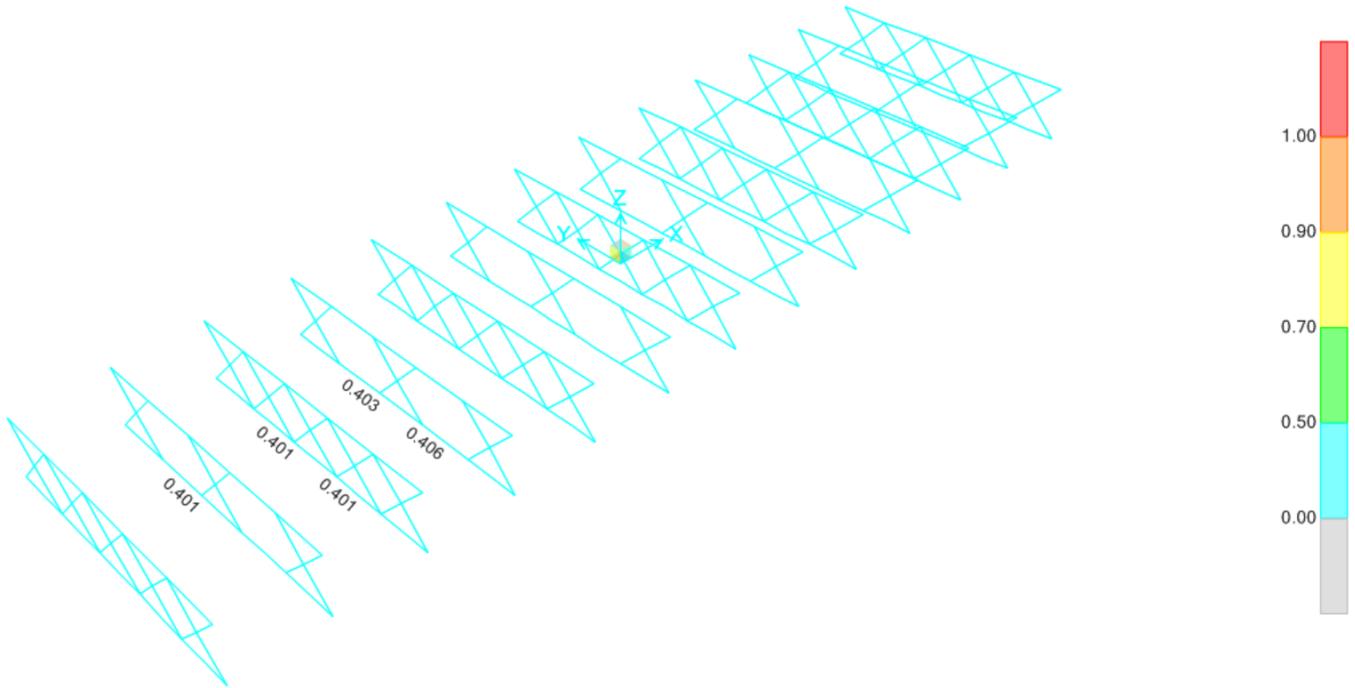
Carico	SLU		SLE - CAR		SLE-QPERM	
	F11	M11	F11	M11	F11	M11
	kN/m	kNm/m	kN/m	kNm/m	kN/m	kNm/m
Max BT	-153	58	-1088	44	-1221	15
Min BT	-3876	1	-3068	8	-1346	12
Max LT	510	53	-425	39	-558	10
Min LT	-3213	-4	-2404	4	-683	7

SLU

Larghezza sezione	$b_s = 100 \text{ cm}$
Altezza sezione	$h_s = 25 \text{ cm}$
Area superiore acciaio	$A_{sup} = 12.00 \text{ cm}^2/\text{m}$
Distanza A_{sup} - punto I	$d_{sup} = 7 \text{ cm}$
Area inferiore acciaio	$A_{inf} = 15.00 \text{ cm}^2/\text{m}$
Distanza A_{inf} - punto I	$d_{inf} = 18 \text{ cm}$



8.5 Verifiche elemento trasversi 2L 90X10 (20)



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

Frame : Trasv-Inf-X Mid: -8.100 Combo: SLU-TRAFF-LT Design Type: Beam
Length: 0.900 Y Mid: -2.250 Shape: 2L90X10/20/ Frame Type: DCL-MRF
Loc : 0.900 Z Mid: -0.630 Class: Class 3 Rolled : Yes

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

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

Aeff=0.003 eNy=0.000 eNz=0.000
A=0.003 Iyy=2.538E-06 iyy=0.027 Wel,yy=3.953E-05 Weff,yy=3.953E-05
It=0.000 Izz=6.928E-06 izz=0.045 Wel,zz=6.928E-05 Weff,zz=6.928E-05
Iw=0.000 Iyz=0.000 h=0.090 Wpl,yy=7.294E-05 Av,z=0.001
E=210000000.0 fy=355000.000 fu=510000.000 Wpl,zz=1.226E-04 Av,y=0.002

Iyz=0.000 Imax=6.928E-06 imax=0.045 Wel,zz,maj=6.928E-05
Rot= 90 deg Imin=2.538E-06 imin=0.027 Wel,zz,min=3.953E-05

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.900	-239.923	-0.084	0.055	-0.062	-1.919	-0.001

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	N Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
6.3.3(4)-6.61	0.382	= 0.303	+ 0.022	+ 0.057	0.990	OK

AXIAL FORCE DESIGN

Axial	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	Nb,Rd
	-239.923	1158.314	1158.314	2855.585	2784.097	1.000	
Major (y-y)	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.340	1623.550	0.866	0.988	0.683	791.447
MajorB (y-y)	b	0.340	1623.550	0.866	0.988	0.683	791.447
Minor (z-z)	b	0.340	17727.272	0.262	0.545	0.978	1132.747
MinorB (z-z)	b	0.340	17727.272	0.262	0.545	0.978	1132.747
Torsional TF	b	0.340	2784.097	0.661	0.797	0.805	932.788

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)	-0.084	-0.255	13.366	13.366	13.366	13.366	
Minor (z-z)	0.055	2.112	23.423	23.423	23.423		
LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	d	0.760	0.168	0.502	1.000	1.240	499.380
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz			
Factors	1.157	0.631	0.995	0.631			

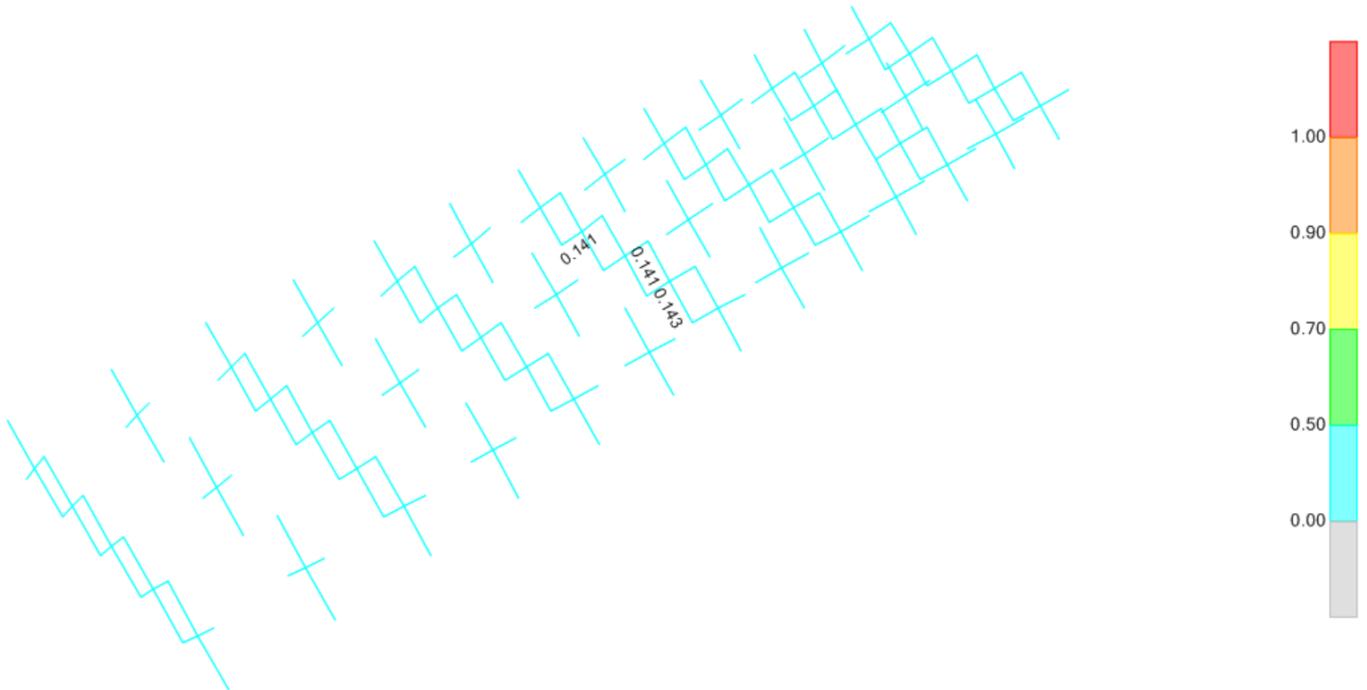
SHEAR DESIGN

Major (z)	Ved Force	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion
Major (z)	0.424	351.359	0.001	OK	0.001
Minor (y)	2.349	291.628	0.008	OK	0.001
Reduction	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	351.359	1.000	0.114		

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0.344	0.424

8.6 Verifiche elemento trasversi L 120X10 (20)



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

Frame : Trasv-PianX Mid: 0.000 Combo: SLU-TRAFF-BT Design Type: Brace
Length: 1.316 Y Mid: -1.350 Shape: L120x10 Frame Type: DCL-MRF
Loc : 0.000 Z Mid: 0.810 Class: Class 4 Rolled : No

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

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

Aeff=0.002 eNy=0.000 eNz=0.000
A=0.002 Iyy=3.185E-06 iyy=0.037 Wel,yy=3.691E-05 Weff,yy=9.187E-05
It=0.000 Izz=3.185E-06 izz=0.037 Wel,zz=3.691E-05 Weff,zz=9.187E-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
0.000	89.743	-0.492	-0.314	-0.596	-0.290	5.837E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	=	N Ratio	+	MMajor Ratio	+	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
6.2.1 (7)	0.141		0.115		0.016		0.010	0.990	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc, Rd Capacity	Nt, Rd Capacity		Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag	
Axial	89.743	777.619	777.619		1357.228	1238.976	1.000	
	Npl, Rd	Nu, Rd		LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd	
	777.619	844.560		0.463	0.652	0.900	700.125	
Curve	Alpha	Ncr						
Major (y-y)	b 0.340	3812.549		0.463	0.652	0.900	700.125	
MajorB(y-y)	b 0.340	3812.549		0.463	0.652	0.900	700.125	
Minor (z-z)	b 0.340	3812.549		0.463	0.652	0.900	700.125	
MinorB(z-z)	b 0.340	3812.549		0.463	0.652	0.900	700.125	
Torsional TF	b 0.340	1238.976		0.812	0.934	0.717	557.667	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	-0.492	-0.492	31.060	31.060	31.060	28.812
Minor (z-z)	-0.314	-0.314	31.060	31.060	31.060	
Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	d 0.760	0.294	0.579	0.928	1.000	151.176
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz		
	1.000	1.000	1.000	1.000		

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion
Major (z)	0.596	234.239	0.003	OK	0.000
Minor (y)	0.290	234.239	0.001	OK	0.000
Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW		
	234.239	1.000	0.000		

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P Comp	P Tens
Axial	89.743	N/C

9 VERIFICHE SLE

9.1 Verifiche deformative

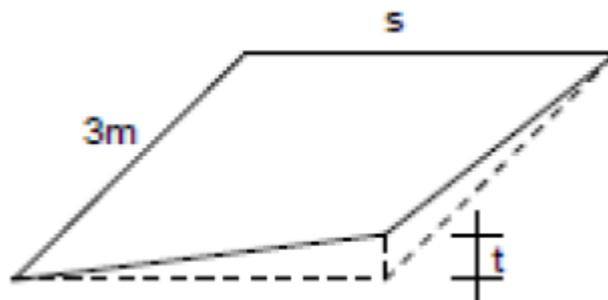
9.1.1 Accelerazioni verticali sull'impalcato

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 Φ_2 e del coefficiente α .

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:

$$t_{\max} = 0.0466 \text{ mm} < 1.2 \text{ mm}$$

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

$$t_{\max} = 0.0462 \text{ mm} < 1.2 \text{ mm}$$

LM71 – binario 1:

$$t_{\max} = 0.038 \text{ mm} < 1.2 \text{ mm}$$

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

$$t_{\max} = 0.04 \text{ mm} < 1.2 \text{ mm}$$

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 Φ_2 e α . 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:

$$\delta_h = 2.502 \text{ mm} \Rightarrow R = 79936 \text{ m} > 14000 \text{ m}$$

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

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 (Φ_2 e α). Il

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 131 di 137

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 $L/600 = 40/600 = 125 \text{ mm}$

La freccia massima ottenuta dal modello di calcolo è

$$\delta_v = 28.21 \text{ mm} < 63.33 \text{ mm} = L/ 600$$

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

$$\theta < 8/H = 0.00258 \quad [\text{rad}]$$

essendo $H = 2920 \text{ mm}$ 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

$$\Phi_2 \quad 1.06$$

Distanza del piano ferro dal centro di rotazione dell'appoggio

$$H_{pf} \quad 2920 \quad \text{mm}$$

Nodo	θ	
	rad	
Max	0.002264	$< 8/H_{pf}$
Min	-0.002265	$< 8/H_{pf}$

Nodo	δ_h	
	mm	
Max	7.018	$< 8 \text{ mm}$
Min	7.02	$< 8 \text{ mm}$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 132 di 137

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 (Φ_2 e α). 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.

$$\delta_v = 15.36 \text{ mm} < 38 \text{ mm} = L/1000$$

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

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

Il raggio di curvatura conseguente alla freccia verticale δ_v è

$$R = 11751.3 \text{ m} > 10047 \text{ m}$$

cui corrisponde una accelerazione di $0.41 \text{ m/s}^2 < 0.48 \text{ m/s}^2$.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2CLVI0007005B	Pag. 133 di 137

10 VERIFICHE A FATICA

Le verifiche a fatica sono effettuate nel rispetto della specifica RFI, adottando il metodo dei coefficienti λ . 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 λ_1 per le azioni longitudinali:

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

10.1 Trave Sezione di appoggio

Dettaglio	$\Delta\sigma_c$	63	MPa
Coeff. Parz.	γ_{Mf}	1.35	
$\Delta\sigma_{Lim} = k_s \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} =$		37.49	MPa

Sollecitazioni agenti sulla sezione

Azione	P	M3	V2*
	kN	kNm	kN
1) LM71 binario 1 - MAX	43	64	483
2) LM71 binario 1 - MIN	-38	0	-9
3) LM71 binario 2 - MAX	105	5	181
4) LM71 binario 2 - MIN	-1	-1	-2

* Taglio sulla sezione composta

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{B_1} = P / A_p + M3 / W_B = 0.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{B_2} = P / A_p + M3 / W_B = -0.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{B_3} = P / A_p + M3 / W_B = 0.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{B_4} = P / A_p + M3 / W_B = 0.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{B_1+3} = 1.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{B_2+4} = -0.3 \text{ MPa}$$

Massima variazione tensionale: $\Delta\sigma_{LM71} = 1.1 \text{ MPa}$

$$\Delta\sigma_{LM71} = 1.9 \text{ MPa}$$

Φ_2	1.06
λ_1	0.64
λ_2	1
λ_3	1
λ_4	0.823

$$\Delta\sigma_{E,d} = 0.6 \text{ MPa}$$

Calcolo della tensione di taglio:

$$\tau_{B_1} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 10.60 \text{ MPa}$$

$$\tau_{B_2} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 0.19 \text{ MPa}$$

$$\tau_{B_3} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 3.98 \text{ MPa}$$

$$\tau_{B_4} = (V2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 0.05 \text{ MPa}$$

$$\tau_{B_1+3} = 14.6 \text{ MPa}$$

$$\tau_{B_2+4} = 0.2 \text{ MPa}$$

Massima variazione tensionale:

$$\Delta\tau_{LM71} = 10.8 \text{ MPa}$$

$$\Delta\tau_{LM71} = 14.8 \text{ MPa}$$

Φ_2	1.06
λ_1	0.76
λ_2	1
λ_3	1
λ_4	0.859

$$\Delta T_{E,d} = 10.3 \text{ MPa}$$

$$(\Delta \sigma_{E,d}^2 + \Delta T_{E,d}^2)^{0.5} = 17.80 \text{ MPa} \quad 0.47481$$

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

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO DA 40M	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	Pag.
	IN0D00DI2CLVI0007005B	136 di 137

10.2 Trave Sezione di mezzeria

Dettaglio	$\Delta\sigma_c$	63	MPa
Coeff. Parz.	γ_{Mf}	1.35	
$\Delta\sigma_{Lim} = k_s \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} =$		37.49	MPa

Sollecitazioni agenti sulla sezione

Azione	P	M3	V2*
	kN	kNm	kN
1) LM71 binario 1 - MAX	2299	1760	153
2) LM71 binario 1 - MIN	-17	-13	-137
3) LM71 binario 2 - MAX	834	798	17
4) LM71 binario 2 - MIN	-8	-7	-13

* Taglio sulla sezione composta

Calcolo della tensione nel punto considerato

$$\sigma_{B_1} = P / A_p + M3 / W_B = 30.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{B_2} = P / A_p + M3 / W_B = -0.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{B_3} = P / A_p + M3 / W_B = 12.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{B_4} = P / A_p + M3 / W_B = -0.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{B_{1+3}} = 42.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{B_{2+4}} = -0.3 \text{ MPa}$$

Massima variazione tensionale:

$$\Delta\sigma_{LM71} = 30.2 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{LM71} = 42.3 \text{ MPa}$$

Φ_2	1.06
λ_1	0.64
λ_2	1
λ_3	1
λ_4	0.854

$$\Delta\sigma_{E,d} = 17.5 \text{ MPa}$$

Calcolo della tensione di taglio:

$$T_{B_1} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 3.36 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 3.01 \text{ MPa}$$

$$T_{B_3} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 0.37 \text{ MPa}$$

$$T_{B_4} = (V_2 S_{B_BT}^*) / (J_{BT} b_B) = 0.28 \text{ MPa}$$

$$T_{B_1+3} = 3.7 \text{ MPa}$$

$$T_{B_2+4} = 3.3 \text{ MPa}$$

Massima variazione tensionale:

$$\Delta T_{LM71} = 6.4 \text{ MPa}$$

$$\Delta T_{LM71} = 7.0 \text{ MPa}$$

Φ_2	1.06
λ_1	0.64
λ_2	1
λ_3	1
λ_4	0.942

$$\Delta T_{E,d} = 4.5 \text{ MPa}$$

$$(\Delta \sigma_{E,d}^2 + \Delta T_{E,d}^2)^{0.5} = 19.17 \text{ MPa} \quad 0.51128$$