

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI-BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO

II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO

Viadotti ferroviari

Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

I F 0 H 0 2 D 0 9 C L V I 0 0 0 7 0 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Aut. Data
A	Emissione esecutiva	G. Grimaldi	Dic. 2017	T. Alberini	Dic. 2017	F. Cerrone	Dic. 2017	10/01/2018
B	Emissione esecutiva seguito verifica OdI	S. Di Spigno <i>DS</i>	Mar. 2018	T. Alberini <i>TA</i>	Mar. 2018	F. Cerrone <i>FC</i>	Mar. 2018	10/01/2018

Originale depositato presso il Tribunale di Roma
 N° 43078
 ITALFERR S.p.A.
 Direzione Civile e Gestione delle varianti
 Dott. Ing. Angelo Vitozzi
 Provincia di Roma

File: IF0H02D09CLVI0007001B

n. Elab.: **0L 035 17**

*Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	2 di 117

INDICE

1	PREMESSA	5
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	5
3	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
3.1	NORMATIVE	6
3.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	6
4	MATERIALI.....	7
4.1	CALCESTRUZZO PER TRAVI IN C.A.P. E TRAVERSI.....	7
4.2	CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA IMPALCATO E PREDALLES.....	7
4.3	ACCIAIO PER C.A.	8
4.4	ACCIAIO PER C.A.P.	8
5	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	10
6	ANALISI DEI CARICHI.....	13
6.1	PESO PROPRIO (G1).....	13
6.2	PERMANENTI PORTATI (G2)	14
6.2.1	Massicciata, armamento e impermeabilizzazione.....	14
6.2.2	Barriere antirumore.....	14
6.2.3	Canalette portacavi e marciapiedi FFP o Galleria Equivalente	15
6.2.4	Altre azioni permanenti.....	15
6.3	AZIONI VARIABILI.....	16
6.3.1	Treni di carico.....	16
6.3.2	Carichi sui marciapiedi	21
6.3.3	Forza centrifuga.....	21
6.3.4	Serpeggio.....	22
6.3.5	Avviamento e frenatura.....	23
6.4	AZIONI DINAMICHE	23
6.5	AZIONI DOVUTE AL DERAGLIAMENTO	26
6.6	RESISTENZE PASSIVE DEI VINCOLI.....	29
6.7	AZIONI CLIMATICHE	29
6.7.1	Variazione termica uniforme.....	29
6.7.2	Variazione termica non uniforme	29
6.7.3	Vento.....	29
6.8	AZIONI INDIRETTE.....	31
6.8.1	Ritiro.....	31
6.8.2	Viscosità	33
6.9	AZIONI SISMICHE.....	36
7	FASI COSTRUTTIVE E MODELLAZIONE.....	37
7.1	MODELLAZIONE: GENERALITÀ	38
7.1.1	Modello fase 0.....	39
7.1.2	Modello fase 1.....	39
7.1.3	Modello fase 2.....	40
7.1.4	Modello fase 3.....	42
7.2	COMBINAZIONI DI CARICO.....	43

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	3 di 117

8	EFFETTI GLOBALI SU IMPALCATO – VERIFICHE TENSIONALI AGLI SLE	47
8.1	SOLLECITAZIONI.....	48
8.2	VERIFICHE TENSIONALI	53
8.2.1	Materiali.....	53
8.2.2	Maschera precompressione.....	55
8.2.3	Caratteristiche delle sezioni.....	57
8.2.4	Fase 0	57
8.2.5	Fase 1	59
8.2.6	Fase 2	61
8.2.7	Fase 3	66
8.3	VERIFICHE A FESSURAZIONE	67
9	EFFETTI GLOBALI SU IMPALCATO – VERIFICHE AGLI SLU.....	68
9.1	SOLLECITAZIONI A PRESSOFLESSIONE	68
9.2	VERIFICHE DI RESISTENZA.....	70
9.2.1	Materiali.....	71
9.2.2	Dati geometrici sezione.....	73
9.2.3	Calcolo	74
9.3	SOLLECITAZIONI A TAGLIO.....	76
9.4	VERIFICHE DI RESISTENZA.....	79
10	TRAVERSI – VERIFICHE TENSIONALI AGLI SLE.....	82
11	EFFETTI LOCALI SULL'IMPALCATO – MODELLO TRASVERSALE.....	88
11.1	ANALISI DEI CARICHI	88
11.1.1	Peso proprio (G1).....	88
11.1.2	Massciata, armamento e impermeabilizzazione.....	88
11.1.3	Barriere antirumore.....	89
11.1.4	Canalette portacavi e marciapiedi FFP o Galleria Equivalente	89
11.1.5	Carichi verticali da traffico	89
11.1.6	Carichi sui marciapiedi	91
11.1.7	Forza centrifuga.....	91
11.1.8	Serpeggio.....	92
11.1.9	Avviamento e frenatura.....	92
11.1.10	Azioni dinamiche	92
11.1.11	Azioni dovute al deragliamento.....	92
11.1.12	Azioni climatiche.....	93
11.1.13	Vento.....	93
11.2	VERIFICHE SLU	94
11.2.1	Sezione di incastro dello sbalzo.....	94
11.2.2	Sezione di mezzzeria (compresa tra le anime del prefabbricato).....	97
12	VERIFICHE DI DEFORMAZIONE.....	100
12.1	VERIFICA DEFORMAZIONI TORSIONALI (SGHEMBO).....	100
12.2	VERIFICA STATO LIMITE DI CONFORT	100
13	AZIONI SUGLI APPOGGI.....	101
13.1	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA PER $V_N=75$ ANNI E $C_U=1.5$ ($V_R=112.5$).....	101

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	4 di 117

13.1.1	Individuazione della pericolosità del sito e strategia di progettazione	101
13.1.2	Azioni sismiche di progetto.....	103
13.2	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA PER $V_N=100$ ANNI E $C_u=2.0$ ($V_R=200$).....	107
13.2.1	Individuazione della pericolosità del sito e strategia di progettazione	108
13.2.2	Azioni sismiche di progetto.....	109
13.3	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SUGLI APPOGGI.....	113
13.3.1	Appoggi per impalcati con $V_N=75$ anni e $C_u=1.5$ ($V_R=112.5$).....	114
13.3.2	Appoggi per impalcati con $V_N=100$ anni e $C_u=2.0$ ($V_R=200$).....	116

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 5 di 117

1 PREMESSA

Nell'ambito dell'*Itinerario Napoli-Bari* si inserisce il *Raddoppio della Tratta Canello - Benevento - II° Lotto Funzionale Frasso Telesino - Vitulano* oggetto di progettazione definitiva.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nel presente documento di calcolo è riportata l'analisi strutturale relativa agli impalcati ferroviari in c.a.p., costituiti da 4 travi a cassoncino accostate e soletta di completamento gettata in opera, di portata teorica pari a L=22.80m (interasse fra le pile/fra le pile e le spalle pari a L=25m). Tale tipologia strutturale è frequentemente impiegata nell'ambito del *Raddoppio della Tratta II° Canello-Benevento* di cui al § 1. Le analisi strutturali anzidette involuppano cautelativamente le peggiori condizioni di impiego, in termini di azioni (sismiche, vento, centrifuga, etc.), della tipologia strutturale in questione.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 6 di 117

3 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 Normative

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

- [1] *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni»*
- [2] *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»*
- [3] *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- [4] *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- [5] *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea*

3.2 Elaborati di riferimento

Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</p> <p>II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO</p>												
<p><i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>02</td> <td>D 09 CL</td> <td>VI 00 07 001</td> <td>B</td> <td>7 di 117</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	7 di 117
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	7 di 117								

4 MATERIALI

Si riportano di seguito i materiali previsti per la realizzazione delle strutture, suddivisi per elemento costruttivo.

4.1 Calcestruzzo per travi in c.a.p. e traversi

Classe C45/55

$R_{ck} =$	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	53	MPa	valor medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0,85		coeff. rid. Per carichi di lunga durata
$g_M =$	1,5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	25,50	MPa	resistenza di progetto
$f_{ctm} =$	3,80	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctfm} =$	4,55	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} =$	2,66	MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
$E_{cm} =$	36283	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,2		Coefficiente di Poisson
$G_c =$	15118	MPa	Modulo elastico Tangenziale di progetto

4.2 Calcestruzzo per getti in opera impalcato e predalles

Classe C32/40

$R_{ck} =$	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	40	MPa	valor medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0,85		coeff. rid. Per carichi di lunga durata
$g_M =$	1,5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	18,13	MPa	resistenza di progetto
$f_{ctm} =$	3,02	MPa	resistenza media a trazione semplice

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	8 di 117

$f_{cfm} =$	3,63	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} =$	2,12	MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
$E_{cm} =$	33346	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,2		Coefficiente di Poisson
$G_c =$	13894	MPa	Modulo elastico Tangenziale di progetto

4.3 Acciaio per c.a.

B450C

$f_{yk} \geq$	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540	MPa	tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k \geq$	1,15		
$(f_t/f_y)_k <$	1,35		
$g_s =$	1,15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} =$	391,3	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	200000	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0,196%		deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50%		deformazione caratteristica ultima

4.4 Acciaio per c.a.p.

Trefoli $\Phi 0.6'' A=139 \text{ mm}^2$

$f_{pk} \geq$	1860	MPa	tensione caratteristica di rottura
$f_{p(0,1)k} \geq$	-	MPa	tensione caratteristica allo 0,1% di def. Residua
$f_{p(1)k} \geq$	1670	MPa	tensione caratteristica allo 1% di def. Totale
Allung. Per carico max.	3,50%	-	
$E_p =$	195.000	MPa	Modulo elastico di progetto
$\gamma_s =$	1,15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{pd} =$	1456	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$\epsilon_{ypd} = f_{pd} / E_p$	0,75%		deformazione di progetto a snervamento



ITINERARIO NAPOLI-BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	9 di 117

$\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$

3,15%

deformazione caratteristica ultima

	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</p> <p>II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO</p>												
<p><i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>02</td> <td>D 09 CL</td> <td>VI 00 07 001</td> <td>B</td> <td>10 di 117</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	10 di 117
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	10 di 117								

5 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'impalcato a doppio binario è realizzato con 4 cassoncini accostati in c.a.p. e soletta gettata in opera. La luce è pari a 25.00 m misurata dall'asse delle pile. La lunghezza complessiva delle travi prefabbricate è pari a 24.30 m. La luce tra gli appoggi (portata teorica) è pari a 22.80 m. Lo schema di calcolo è di trave in semplice appoggio. Lo schema degli appoggi, riportato di seguito, prevede un dispositivo sotto ogni trave. La larghezza dell'impalcato è pari a 13.70 m, necessaria al fine di ospitare il *tipologico RFI* per le barriere antirumore. L'armamento è di tipo tradizionale su ballast e l'interasse tra i binari è pari a 4.0 m. Oltre i traversi di testata, sono previsti due traversi intermedi; i traversi saranno solidarizzati mediante trefoli post-tesi iniettati. Di seguito si riportano delle viste in pianta, prospetto e sezione dell'impalcato tipologico, oltre che lo schema di disposizione dei vincoli previsto.

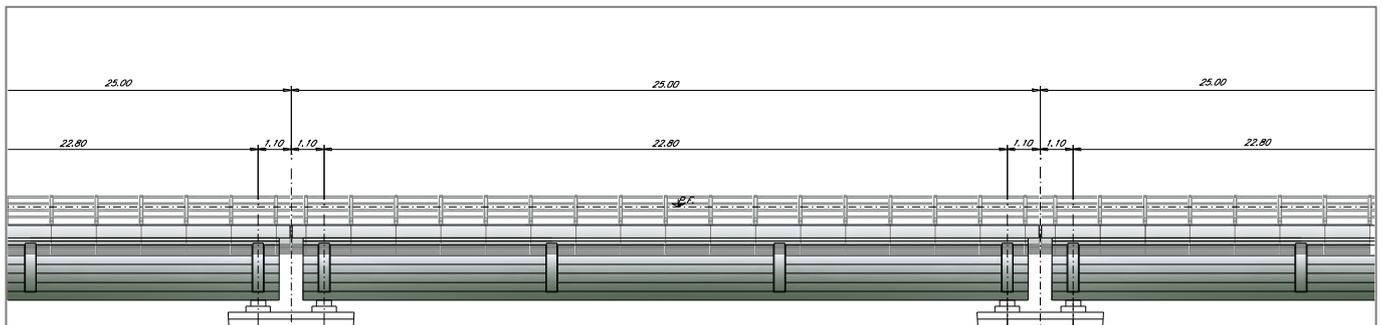


Figura 1–Prospetto tipo viadotto c.a.p. L=25.00m

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	11 di 117

-  Appoggio fisso a rigidità variabile
-  Appoggio unidirezionale
-  Appoggio multidirezionale



Figura 2—schema di disposizione degli appoggi

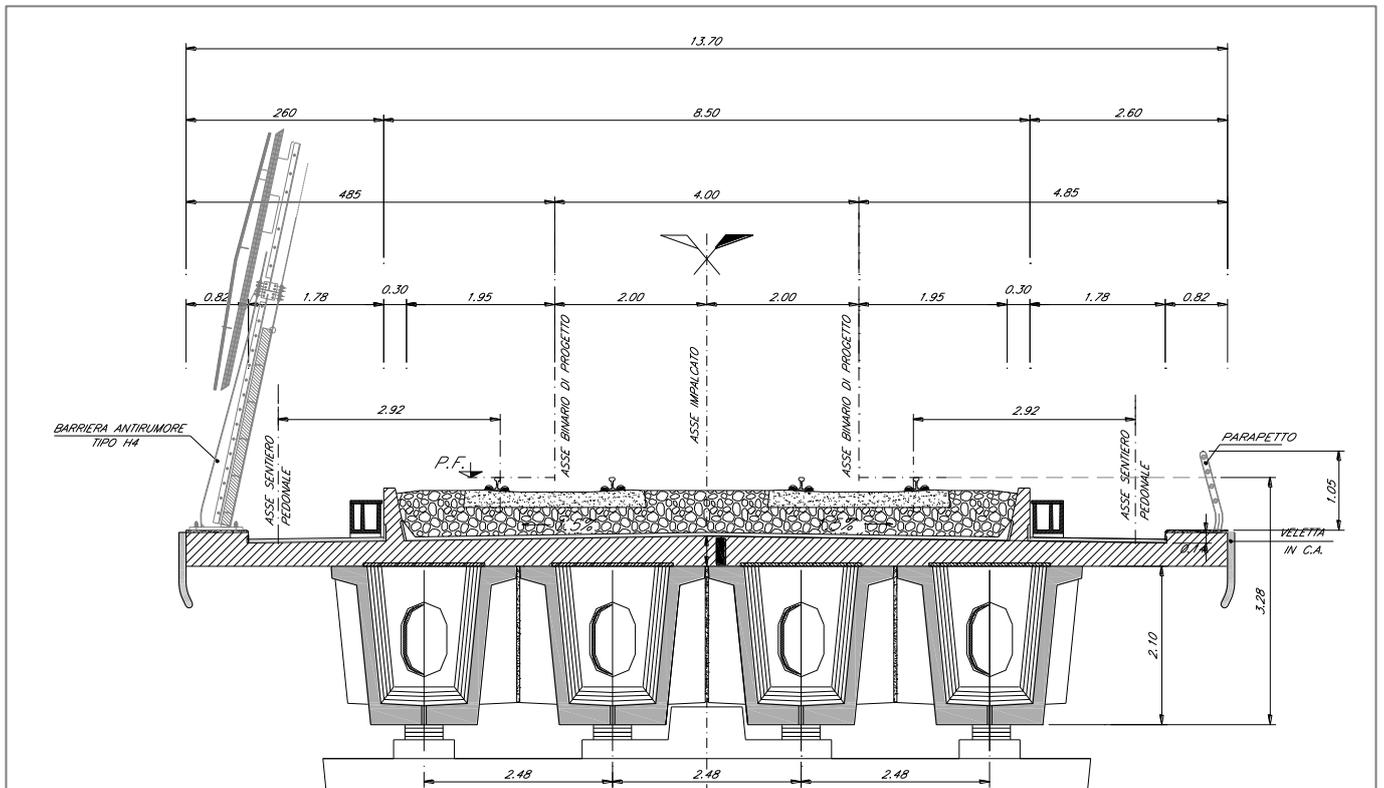


Figura 3—Sezione tipo viadotto c.a.p. $L=25.00m$

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario;
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	12 di 117

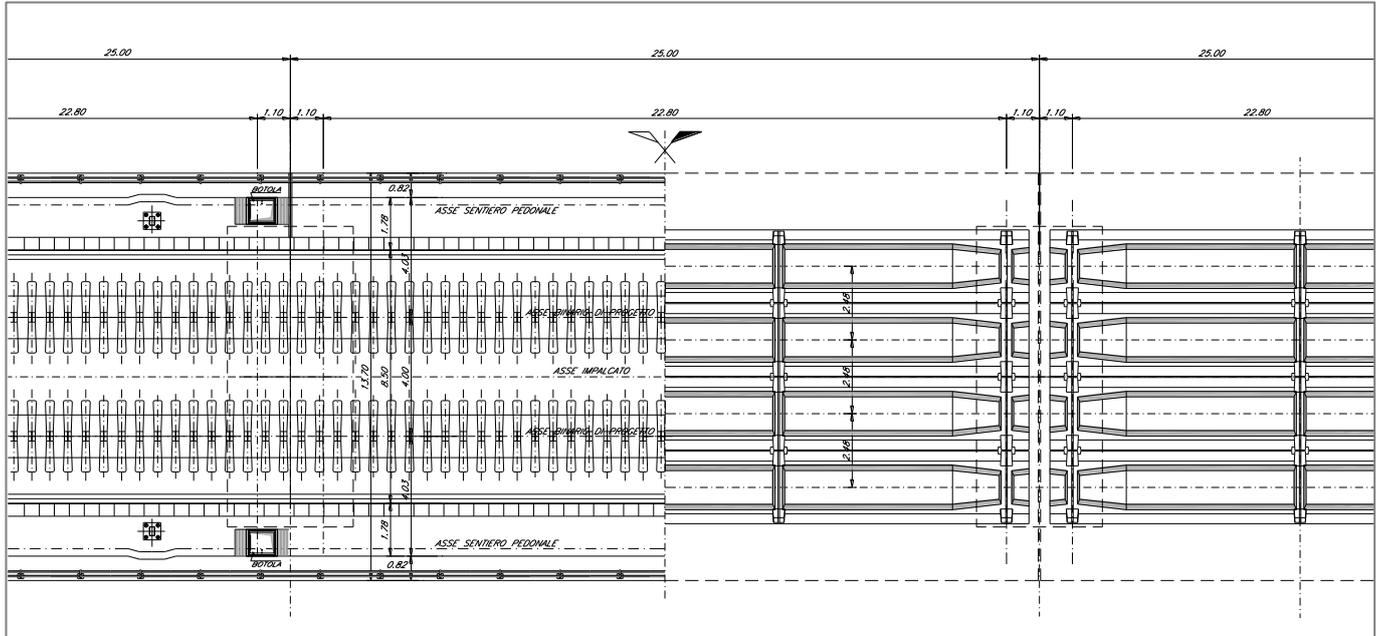


Figura 4- Pianta tipo viadotto c.a.p. L=25.00m

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO												
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>02</td> <td>D 09 CL</td> <td>VI 00 07 001</td> <td>B</td> <td>13 di 117</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	13 di 117
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	13 di 117								

6 ANALISI DEI CARICHI

6.1 Peso proprio (G1)

Il peso proprio delle strutture viene considerato automaticamente dal software di calcolo utilizzato. Il carico delle strutture in c.a. e c.a.p. viene valutato considerando un peso di volume pari a 25 kN/mc.

Di seguito si riporta la stima dei pesi propri considerati.

Elementi prefabbricati

- ✓ Trave prefabbricata – sezione di appoggio

$$A_{cls} = 2.01 \text{ mq} \quad Pp1 = 2.01 \times 25 = 50.25 \text{ kN/m}$$

- ✓ Trave prefabbricata – sezione di transizione (media)

$$A_{cls} = 1.60 \text{ mq} \quad Pp2 = 1.60 \times 25 = 40.00 \text{ kN/m}$$

- ✓ Trave prefabbricata – sezione corrente

$$A_{cls} = 1.13 \text{ mq} \quad Pp3 = 1.13 \times 25 = 28.25 \text{ kN/m}$$

- ✓ Traversi di testata(per ogni trave)

$$A_{cls} = 4.77 - 2.01 = 2.76 \text{ mq}; \text{ sp} = 0.40 \text{ m} \quad Pp4 = 2.76 \times 0.40 \times 25 = 27.6 \text{ kN}$$

- ✓ Traversi intermedi (per ogni trave)

$$A_{cls} = 4.77 - 1.13 = 3.64 \text{ mq}; \text{ sp} = 0.25 \text{ m} \quad Pp4 = 3.64 \times 0.25 \times 25 = 22.75 \text{ kN}$$

Il peso complessivo di ogni elemento prefabbricato è pari a:

$$G_{1,1} = 50.25 \times 0.75 \times 2 + 40.00 \times 1.80 \times 2 + 28.25 \times 19.20 + 27.60 \times 2 + 22.75 \times 2 = \mathbf{863 \text{ kN}}$$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</p> <p>II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO</p>					
<p><i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i></p>	<p>COMMESSA IF0H</p>	<p>LOTTO 02</p>	<p>CODIFICA D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO VI 00 07 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 14 di 117</p>

Elementi gettati in opera

- ✓ Soletta, muretti parballast e cordoli

$$A_{cs} = 5.41 \text{ mq} \quad Pp5 = 5.41 \times 25 = 135.25 \text{ kN/m}$$

Il peso complessivo degli elementi gettati in opera è pari a:

$$G_{1,2} = 135.25 \times (25.00 - 0.10) = 3368 \text{ kN}$$

6.2 Permanenti portati (G2)

6.2.1 Massicciata, armamento e impermeabilizzazione

Si assumono convenzionalmente i seguenti pesi di volume relativi alla massicciata, all'armamento e all'impermeabilizzazione

Peso di volume in rettifilo: 18.00 kN/mc

Peso di volume in curva: 20.00 kN/mc

A vantaggio di sicurezza si valuta l'azione sulla soletta di impalcato in riferimento al peso di volume in curva:

$$G_{2,1} = 20.00 \times 0.80 = 16.00 \text{ kN/mq}$$

6.2.2 Barriere antirumore

Si considera un carico relativo alle barriere antirumore pari a 4.0 kN/mq. Considerando cautelativamente un'altezza massima di barriera pari a 5.0 m, si ottiene un carico lineare pari a:

$$G_{2,2} = q_{\text{barriere}} = 4.0 \times 5.0 = 20 \text{ kN/m per ogni lato dell'impalcato}$$

Il carico lineare complessivo è pari a 40 kN/m.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 15 di 117

6.2.3 Canalette portacavi e marciapiedi FFP o Galleria Equivalente

Lato camminamenti a ridosso dei muretti paraballast (sui lati esterni degli stessi) è prevista la presenza di canalette portacavi, nonché la presenza, ove progettualmente prevista, dei marciapiedi per *Fire Fighting Point (FFP)* o per *Galleria Equivalente*¹. Per il peso delle canalette portacavi ed il peso afferente ai marciapiedi FFP o *Galleria Equivalente* (valutato cautelativamente) si assume un carico linearmente distribuito pari a:

$$G_{2,3} = q_{\text{canalette}} = 11.20 \text{ kN/m per ogni lato dell'impalcato}$$

Il carico lineare complessivo è pari a 22.40 kN/m.

6.2.4 Altre azioni permanenti

Non sono presenti sull'impalcato altre azioni permanenti (spinta delle terre, spinte idrauliche, ecc...).

¹ Ai fini del dimensionamento strutturale, viene comunque previsto il carico corrispondente alla presenza dei marciapiedi per *Fire Fighting Point (FFP)* o per *Galleria Equivalente* anche se non presenti in corrispondenza del VI05 – *Viadotto Calore Torallo* unicamente nell'ambito del quale è previsto, per il II° Lotto Funzionale Frasso Telesino-Vitulano, l'impiego della tipologia di impalcato oggetto del presente documento.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
	<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B

6.3 Azioni variabili

6.3.1 Treni di carico

I carichi verticali sono definiti per mezzo dei modelli di carico elencati nella seguente tabella. I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono moltiplicarsi per il coefficiente " α " che deve assumersi come da tabella seguente:

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE " α "
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

Tabella 1-coefficienti α per modelli di carico

Non si considera il modello di carico SW/0 perché l'impalcato non è continuo.

6.3.1.1 Treno di carico LM71

Il Treno di carico LM71 è schematizzato nella figura seguente.

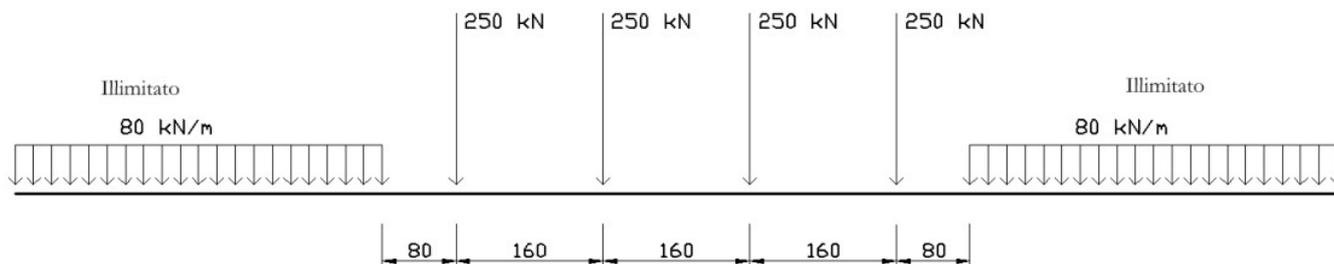


Figura 5- Treno di carico LM71

Per questo modello di carico è prevista una eccentricità del carico rispetto all'asse del binario pari a $s/18$, con $s=1435$ mm. Quindi, l'eccentricità considerata nel modo più sfavorevole per le strutture è pari a:

$$e = \sim 80 \text{ mm} \alpha$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
	<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B

6.3.1.2 Treno di carico SW/2

Il Treno di carico SW/2 è schematizzato nella figura seguente.



Figura 6– Treno di carico SW

Tipo di carico	Qvk [kN/m]	A [m]	C [m]
SW/0	133	15.0	5.3
SW/2	150	25.0	7.0

Tabella 2–caratterizzazione treni di carico SW

Nel presente documento, si è considerato solo il modello di carico SW/2.

6.3.1.3 Treno scarico

Alcuni scenari di carico prevedono l'impiego del treno scarico, convenzionalmente costituito da un carico uniformemente distribuito pari a 10.00 kN/m.

6.3.1.4 Ripartizione locale dei carichi

6.3.1.4.1 Ripartizione longitudinale

Nelle analisi si sono considerati i seguenti meccanismi di ripartizione longitudinale dei carichi.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
	<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B

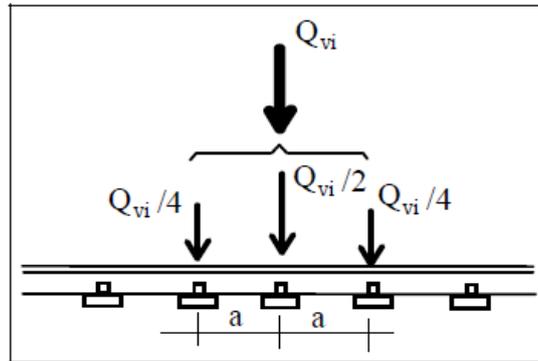


Figura 7– meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo del binario

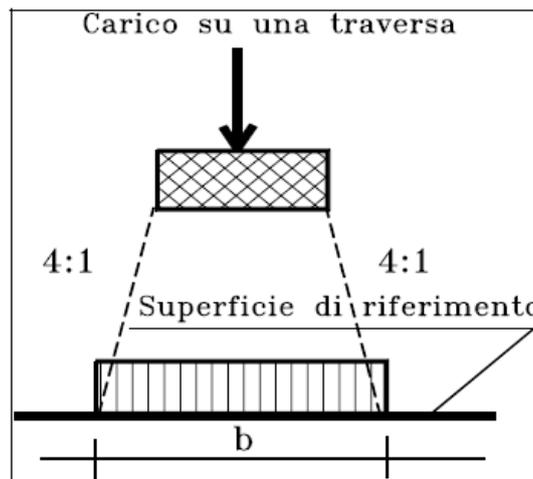


Figura 8– meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo di traversa e ballast

La superficie di riferimento è la superficie di appoggio del ballast.

Nel caso specifico, la ripartizione viene valutata a partire dai seguenti parametri medi:

Larghezza traversine: $B = 0.26 \text{ m}$

Interasse traversine: $i = 0.60 \text{ m}$

Altezza di diffusione: $h = 0.40 \text{ m}$

Larghezza di diffusione: $b = B + 2 \times h/4 = 0.46 \text{ m} < i$

Il valore appena calcolato per la larghezza di azione sarà impiegato per la valutazioni degli effetti locali trasversali.

6.3.1.4.2 Ripartizione trasversale

Nelle analisi si sono considerati il seguenti meccanismi di ripartizione trasversale dei carichi.

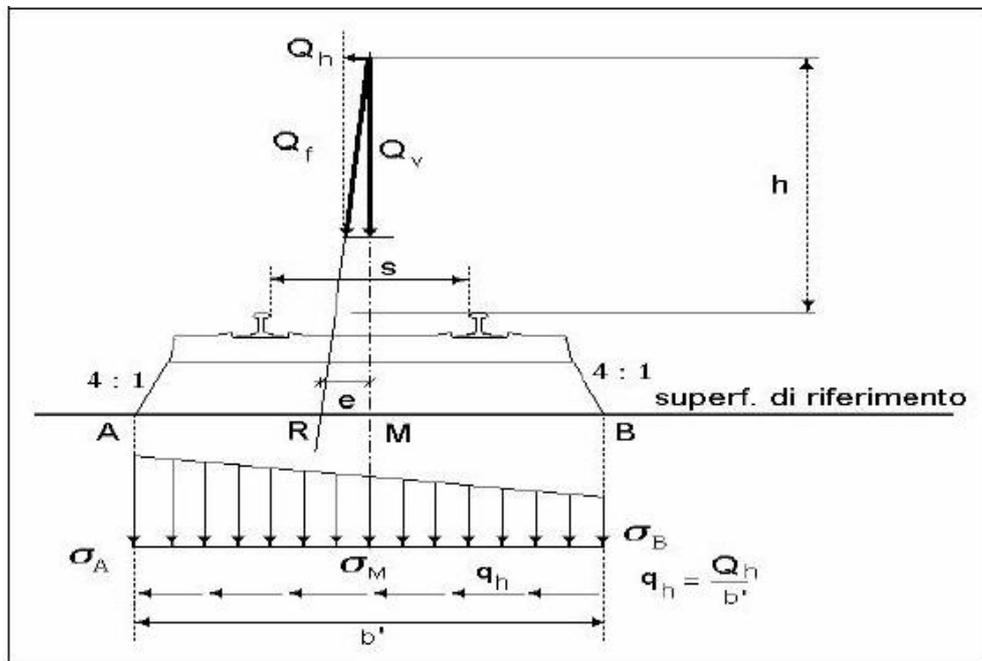


Figura 9– meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo di traversa e ballast – ponte in rettifilo

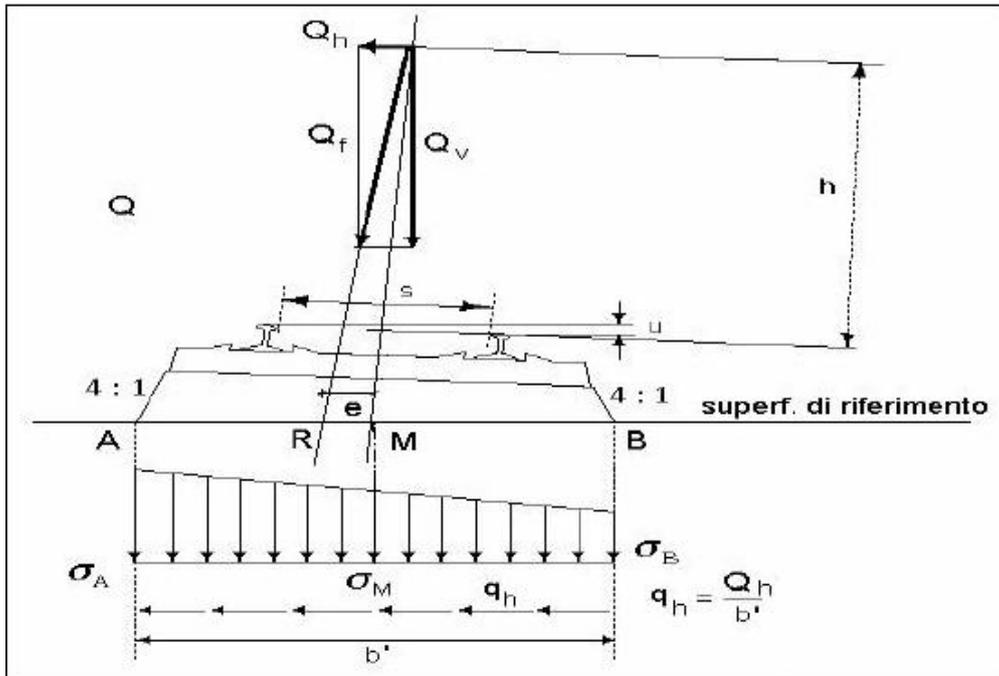


Figura 10– meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo di traversa e ballast – ponte in curva

La superficie di riferimento è la superficie di appoggio del ballast.

Nel caso specifico, la ripartizione viene valutata a partire dai seguenti parametri medi. A vantaggio di sicurezza si adotta lo schema di ponte in rettifilo.

Larghezza traversine: $B = 2.40$ m

Altezza di diffusione: $h = 0.40$ m

Larghezza di diffusione: $b = B + 2 \times h/4 = 2.60$ m

Il valore appena calcolato per la larghezza di diffusione sarà impiegato per la definizione del modello di calcolo globale e per la valutazioni degli effetti locali trasversali.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
	<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B

6.3.2 Carichi sui marciapiedi

I marciapiedi non aperti al pubblico sono utilizzati solo dal personale autorizzato. I carichi accidentali sono schematizzati da un carico uniformemente ripartito del valore di 10 kN/mq.

Questo carico non deve considerarsi contemporaneo al transito dei convogli ferroviari e deve essere applicato sopra i marciapiedi in modo da dare luogo agli effetti locali più sfavorevoli. Per questo tipo di carico distribuito non deve applicarsi l'incremento dinamico.

6.3.3 Forza centrifuga

La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1,80 m al di sopra del P.F.

Le azioni centrifughe sono state valutate secondo le seguenti espressioni:

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

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

Le azioni centrifughe sono state valutate secondo quanto riportato nella seguente tabella.

Valore di α	Massima velocità della linea [Km/h]	Azione centrifuga basata su:				traffico verticale associato
		V	α	f		
SW/2	≥ 100	100	1	1	1 x 1 x SW/2	Φ x 1 x SW/2
	< 100	V	1	1	1 x 1 x SW/2	
LM71 e SW/0	> 120	V	1	f	1 x f x (LM71 ⁰ + ⁰ SW/0)	Φ x 1 x 1 x (LM71 ⁰ + ⁰ SW/0)
		120	α	1	α x 1 x (LM71 ⁰ + ⁰ SW/0)	Φ x α x 1 x (LM71 ⁰ + ⁰ SW/0)
	≤ 120	V	α	1	α x 1 x (LM71 ⁰ + ⁰ SW/0)	

Tabella 3–Parametri per determinazione della forza centrifuga

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
	<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B

Si assumono le seguenti coppie di valori per velocità e raggi di curvatura:

Tipo	V [km/h]	R [m]	f
1 - linea LM71	180	1550	1
2 - linea SW/2	100	500	1

Il caso 1 - linea LM71 involuppa il *caso a)* ed il *caso b)* previsti dal *Manuale di Progettazione delle Opere Civili RFI DTC SI PS MA IFS 001 A* (cfr. § 2.5.1.4.3.1) per il modello di carico LM71 e velocità superiori a 120km/h. Si rappresenta, inoltre, che i valori di calcolo considerati per la velocità (caso 1) e per i raggi di curvatura (caso 1 e 2) e sopra esplicitati sono tali da condurre comunque ad una valutazione cautelativa delle azioni centrifughe caratteristiche e di progetto.

Si ottengono, pertanto, i seguenti valori caratteristici dell'azione centrifuga. I valori massimi sono impiegati nelle analisi.

Tipo	treno	Q_{vk}	q_{vk}	V	R	f	Q_{tk}	q_{tk}
-		kN	kN/m	km/h	m	-	kN	kN/m
1	LM71	250	80	180	1550	1	41,1	13,2
2	SW/2	0	100	100	500	1	0,0	15,7

6.3.4 Serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilineo che in curva.

Il valore caratteristico di tale forza è stato assunto pari a $Q_{sk}=100$ kN. Tale valore deve essere moltiplicato per α , ma non per il coefficiente di incremento dinamico.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 23 di 117

Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali.

6.3.5 Avviamento e frenatura

Le forze di frenatura e di avviamento si considera come azione agente sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso, come carico uniformemente distribuito. A vantaggio di sicurezza si trascurano gli effetti di interazione binario struttura.

Si considerano i seguenti valori delle azioni:

Avviamento

$$Q_{la} = 33 \times 25 = 825 \text{ kN} < 1000 \text{ kN} \quad \text{per LM71 e SW/2}$$

Frenatura

$$Q_{lb} = 20 \times 25 = 500 \text{ kN} < 6000 \text{ kN} \quad \text{per LM71}$$

$$Q_{lb} = 35 \times 25 = 875 \text{ kN} \quad \text{per SW/2}$$

Come previsto dalla normativa, si considerano due treni in transito in versi opposti, uno infase di avviamento, l'altro in fase di frenatura. Le azioni di frenatura ed avviamento si combinano con i relativi carichi da traffico verticali.

6.4 Azioni dinamiche

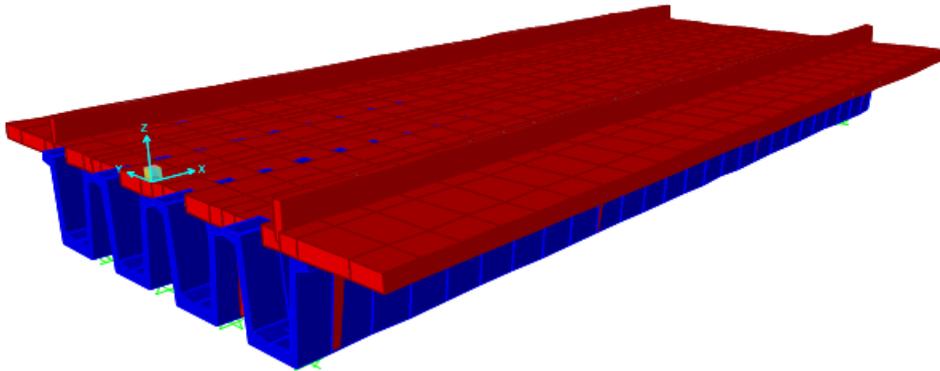
Per ponti convenzionali e per velocità di percorrenza inferiori a 200 km/h, come nel caso in esame, se la frequenza propria della struttura ricade all'interno del fuso (cfr. figura 1.4.2.4.2 del *Manuale di Progettazione delle Opere Civili* RFI DTC SI PS MA IFS 001 A) è sufficiente utilizzare il coefficiente dinamico ϕ_3 per tenere conto delle azioni dinamiche amplificando le sollecitazioni, le deformazioni e gli effetti delle vibrazioni della struttura.

Per il calcolo del periodo fondamentale dell'impalcato in oggetto è stata condotta una analisi modale FEM dell'impalcato stesso considerando, oltre al peso proprio, i soli carichi permanenti.

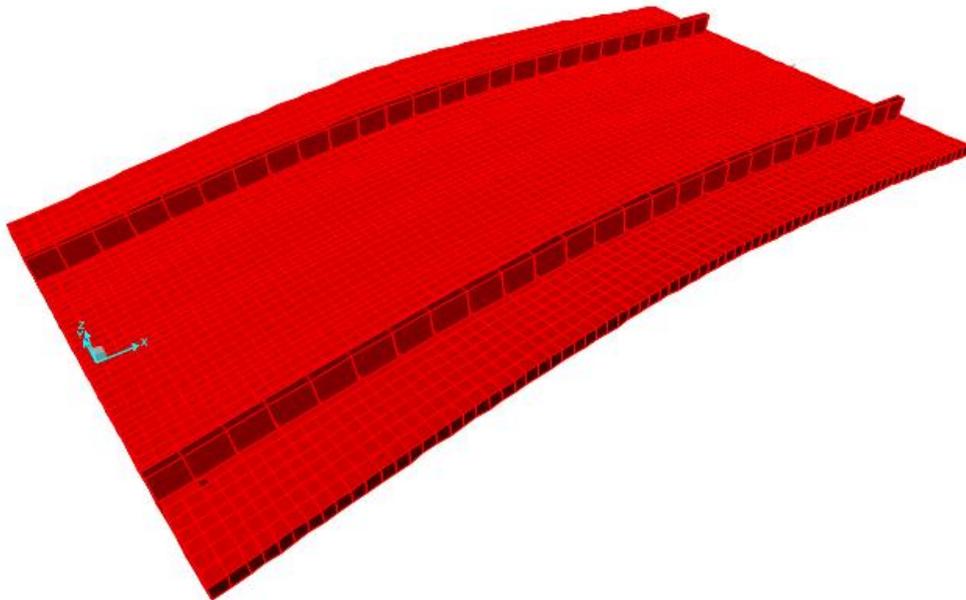
Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	24 di 117

3-D View



Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 0.16371; f = 6.10829



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
	<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B

Valori limite per la frequenza naturale

Luce caratteristica	L_{ϕ}	22.80	m	
Limite superiore	$n_{0,sup}$	9.139	Hz	$n_{0,sup}=94.76 L_{\phi}^{-0.748}$
Limite inferiore	$n_{0,inf}$	3.704	Hz	$n_{0,inf}=80/ L_{\phi}$ se $4m \leq L_{\phi} \leq 20m$ $n_{0,inf}=23.58 L_{\phi}^{-0.592}$ se $20m < L_{\phi} \leq 100m$
Prima frequenza flessionale	n_0	6.10	Hz	$\longrightarrow n_{0,inf} < n_0 < n_{0,sup}$

Pertanto, in riferimento a quanto previsto per linee a normale standard manutentivo, si calcolano i seguenti coefficienti di amplificazione dinamica:

$$\phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_{\phi}} - 0.2} + 0.73 = \frac{2.16}{\sqrt{22.8} - 0.2} + 0.73 = 1.202 \quad \text{per effetti globali}$$

$$\phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_{\phi}} - 0.2} + 0.73 = \frac{2.16}{\sqrt{(1.50 \cdot 3)} - 0.2} + 0.73 = 1.854 \quad \text{per effetti locali}$$

avendo considerato per gli effetti globali la luce tra gli appoggi delle travi principali, mentre per gli effetti locali la luce della soletta tra le nervature delle travi principali pari a 1.50 m.

6.5 Azioni dovute al deragliamento

In alternativa ai modelli di carico verticale da traffico ferroviario, ai fini della verifica della struttura si dovrà tenere conto della possibilità che un locomotore o un carro pesante deragli. La normativa propone due diverse situazioni di progetto;

Caso 1

Si considerano due carichi verticali lineari $q_{A1d} = 60$ kN/m (comprensivo dell'effettodinamico) ciascuno. Trasversalmente i carichi distano fra loro di S (scartamento del binario) e possono assumere tutte le posizioni comprese entro i limiti indicati in Fig. 5.2.12.

Per questa condizione sono tollerati danni locali, purché possano essere facilmente riparati, mentre sono da evitare danneggiamenti delle strutture portanti principali.

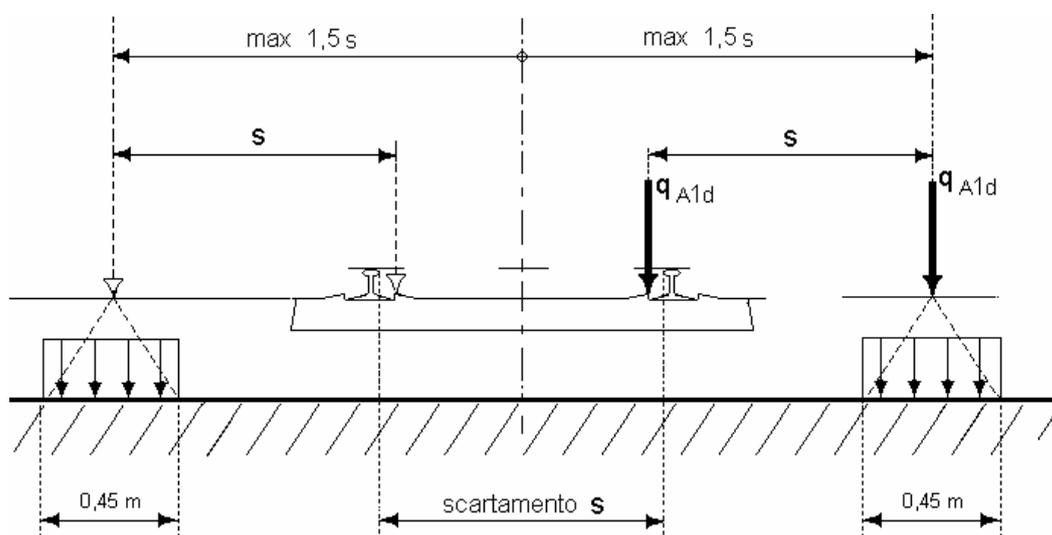


Figura 11- posizione azioni da deragliamento – caso 1

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	27 di 117

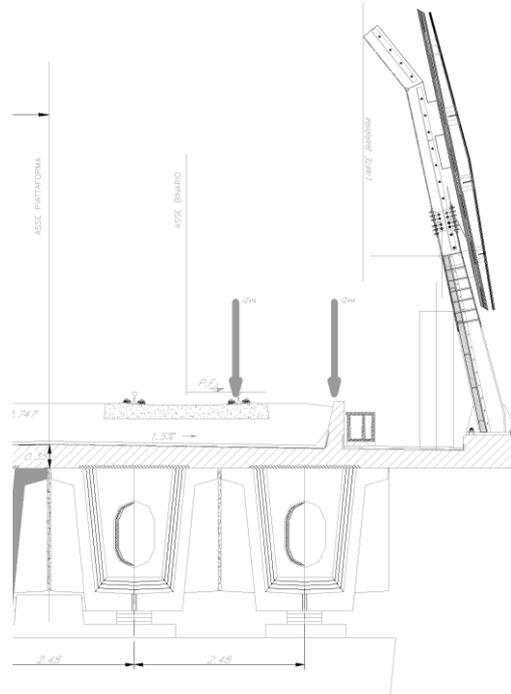


Figura 12– posizione azioni da deragliamento – caso 1

Caso 2

Si considera un unico carico lineare $q_{A2d}=80 \times 1.4$ kN/m esteso per 20 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di 1.5 s rispetto all'asse del binario. Tale caso deve essere applicato solo per effetti globali.

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario;
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	28 di 117

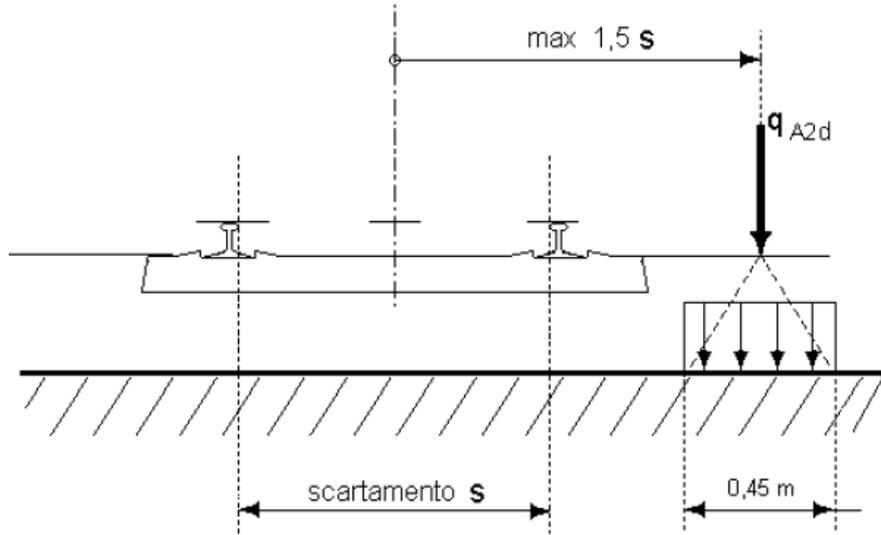


Figura 13– posizione azioni da deragliamento – caso 2

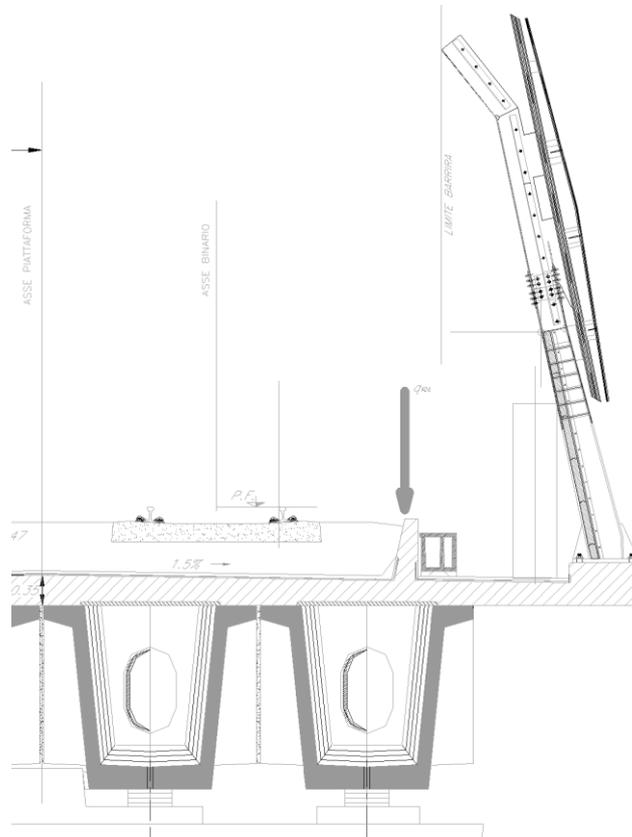


Figura 14– posizione azioni da deragliamento – caso 2

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 29 di 117

6.6 Resistenze passive dei vincoli

Per la valutazione delle coazioni generate all'atto dello scorrimento dei vincoli, è stato considerato un coefficiente d'attrito pari al 4% applicato alle azioni verticali agenti sugli apparecchi d'appoggio.

6.7 Azioni climatiche

6.7.1 *Variazione termica uniforme*

Si considera una variazione termica uniforme pari a $\pm 15^{\circ}\text{C}$. Per il calcolo delle escursioni dei giunti e degli apparecchi d'appoggio si considera una variazione di temperatura incrementata del 50 %.

6.7.2 *Variazione termica non uniforme*

In aggiunta alla variazione termica uniforme, si considera un gradiente di temperatura di 5°C fra soletta e travi prefabbricate, considerando i due casi di intradosso a temperatura superiore e inferiore dell'estradosso.

Nella valutazione degli effetti locali, si è considerato un gradiente termico lineare di 5°C nello spessore delle pareti tra esterno ed interno dei cassoncini.

6.7.3 *Vento*

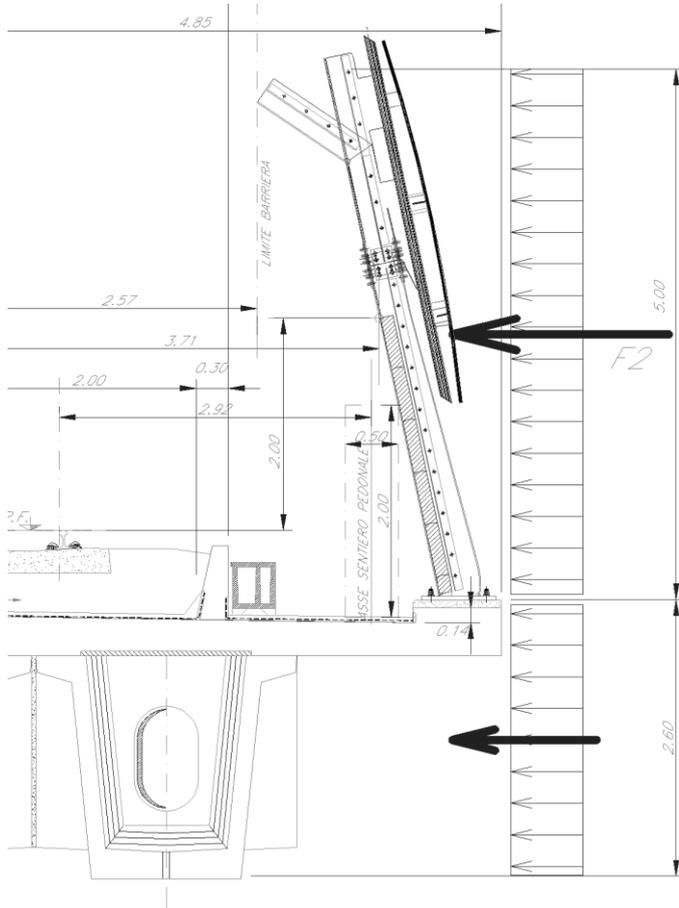
Si assume convenzionalmente una pressione uniforme agente lateralmente pari a 2.50 kN/mq .

Nei casi in cui si considera la condizione di "treno scarico" la pressione del vento si considera agente sulla barriera antirumore. A vantaggio di sicurezza si assume un'altezza complessiva per la barriera pari a 5.00 m .

L'azione del vento viene applicata considerando due distinte risultanti. La prima applicata a metà dell'altezza delle strutture dell'impalcato, la seconda a metà dell'altezza di barriera considerata, secondo lo schema riportato di seguito. Per semplicità di calcolo, è stata trascurata l'eccentricità della forza F_1 rispetto al baricentro dell'impalcato.

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	30 di 117



$$F1 = 2.50 \times 2.60 = 6.50 \text{ kN/m}$$

$$M1 = \sim 0$$

$$F2 = 2.50 \times 5.00 = 12.50 \text{ kN/m}$$

$$M2 = 12.50 \times 5.0 / 2 = 31.25 \text{ kN-m/m}$$

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	31 di 117

6.8 Azioni indirette

6.8.1 Ritiro

Di seguito si valutano le deformazioni da ritiro della trave, sulla base della sua geometria, nell'ipotesi di una umidità relativa pari al 65%. Per la valutazione del ritiro è stata considerata la geometria della sezione corrente ed è stato considerato cautelativamente come istante iniziale il giorno del getto delle travi ($t=0$).

Ritiro della trave in C.A.P.

<u>Ritiro (EN1992-1-1 §3.1.4)</u>	
-	
ϵ_{cs}	0,000376 - Deformazione totale da ritiro $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$
<u>Ritiro da essiccamento</u>	
Classe	C45/55 Classe del calcestruzzo
$R_{ck} =$	55 MPa resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	45 MPa resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	53 MPa Valor medio resistenza cilindrica
$f_{cm,0} =$	10 MPa Valor medio resistenza cilindrica
Cem.Tipo	N - CEM 32,5 R, CEM 42,5 N
$\alpha_{ds1} =$	4
$\alpha_{ds2} =$	0,12
RH =	65 % Umidità Relativa
$RH_0 =$	100 %
$\beta_{RH} =$	1,12 Coeff. per umidità relativa
$\epsilon_{cd,0} =$	0,00033 Deformazione da ritiro per essiccamento non contrastato
$A_c =$	1.093.000 mmq Area sez trasversale
$u =$	11847 mm Perimetro a contatto con l'atmosfera
$h_0 =$	184,519288 mm Dimensione fittizia dell'elemento
$k_h =$	0,8732211 Coeff. per dimensione fittizia
$t =$	10.000 gg Età del calcestruzzo, al momento considerato

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	32 di 117

$t_s =$	0	gg	Età del calcestruzzo, all'inizio del ritiro per essiccamento
$\beta_{RH}(t,t_s)$	0,99		
$\epsilon_{cd} =$	0,0002887		Deformazione da ritiro per essiccamento
Ritiro autogeno			
$\epsilon_{ca}(\infty) =$	0,000088	-	Deformazione da ritiro autogeno per $t = \infty$
$t =$	10.000	gg	
$\beta_{as}(t) =$	1,00	-	
$\epsilon_{ca}(t) =$	0,000087	-	Deformazione da ritiro autogeno

A vantaggio di sicurezza, si considera completamente esaurito il ritiro della trave prefabbricata all'atto del getto della soletta. Di seguito si calcola il ritiro della soletta gettata in opera a tempo infinito (10.000 gg), coincidente con il ritiro differenziale soletta-travi.

Ritiro della soletta gettata

Ritiro (EN1992-1-1 §3.1.4)			
-			
ϵ_{cs}	0,000309	-	Deformazione totale da ritiro $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$
Ritiro da essiccamento			
Classe	C32/40		Classe del calcestruzzo
$R_{ck} =$	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	40	MPa	Valor medio resistenza cilindrica
$f_{cm,0} =$	10	MPa	Valor medio resistenza cilindrica
Cem.Tipo	N	-	CEM 32,5 R, CEM 42,5 N
$\alpha_{ds1} =$	4		
$\alpha_{ds2} =$	0,12		
RH =	65	%	Umidità Relativa
$RH_0 =$	100	%	
$\beta_{RH} =$	1,12		Coeff. per umidità relativa
$\epsilon_{cd,0} =$	0,00039	-	Deformazione da ritiro per essiccamento non contrastato

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	33 di 117

$A_c =$	854.000	mmq	Area sez trasversale
$u =$	2440	mm	Perimetro a contatto con l'atmosfera
$h_0 =$	700	mm	Dimensione fittizia dell'elemento
$k_h =$	0,7		Coeff. per dimensione fittizia
$t =$	10.000	gg	Età del calcestruzzo, al momento considerato
$t_s =$	0	gg	Età del calcestruzzo, all'inizio del ritiro per essiccamento
$\beta_{RH}(t,t_s)$	0,93		
$\epsilon_{cd} =$	0,0002544		Deformazione da ritiro per essiccamento
Ritiro autogeno			
$\epsilon_{ca}(\infty) =$	0,000055	-	Deformazione da ritiro autogeno per $t=\infty$
$t =$	10.000	gg	
$\beta_{ca}(t) =$	1,00	-	
$\epsilon_{ca}(t) =$	0,000055	-	Deformazione da ritiro autogeno

6.8.2 Viscosità

Gli effetti conseguenti alla viscosità del calcestruzzo per azioni di lunga durata (sovraccarichi permanenti, ritiro, ecc.) possono essere valutati assumendo nel calcolo delle caratteristiche geometriche della sezione composta un valore fittizio del modulo di elasticità del calcestruzzo E_c^* fornito dall'espressione:

$$E_c^* = E_c / (1 + \phi) \quad \text{modulo di elasticità ridotto}$$

Di seguito è riportata la valutazione del coefficiente di viscosità ridotto utilizzato per la valutazione degli effetti della viscosità sulle perdite di precompressione.

Viscosità per valutazione perdite di precompressione

Viscosità (EN1992-1-1 §3.1.4)

Classe C45/55 Classe del calcestruzzo

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	34 di 117

R_{ck}	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	53	MPa	valor medio resistenza cilindrica
E_{cm}	36.283	MPa	Modulo elastico di progetto
E_c	38.097	MPa	Modulo elastico tangente
Cem.Tipo	N	-	CEM 32,5 R, CEM 42,5 N
t_0	7	gg	età di applicazione del carico
t_0^*	7	gg	età di applicazione del carico modif. tipo cem. (S, N o R)
t	10.000	gg	
A_c	1.093.000	mmq	area sez trasversale
u	11847	mm	perimetro a contatto con l'atmosfera
h_0	183,607358	mm	dimensione fittizia dell'elemento
RH	65	%	Umidità Relativa
$\beta(f_{cm})$	2,31	-	influenza della resistenza del cls
$\beta(t_0)$	0,63	-	influenza del momento di applicazione del carico
φ_{RH}	1,42	-	coeff.influenza dell'umidità relativa
α_1	0,75	-	coeff.influenza della resistenza del cls
α_2	0,92	-	coeff.influenza della resistenza del cls
α_3	0,81	-	coeff.influenza della resistenza del cls
φ_0	2,08	-	coeff. nominale di viscosità
β_H	306,24	-	coeff. per RH e h_0
$\beta_c(t^*, t_0)$	0,99	-	
$\varphi(t^*, t_0)$	2,07	-	Coeff. di viscosità
$E_{c,R}$	12.424	MPa	Modulo elastico Ridotto
$E_{c,R}^*$	14.359	MPa	Modulo elastico Ridotto Modificato

Di seguito è riportata la valutazione del coefficiente di viscosità ridotto utilizzato per la del contributo alla resistenza della sezione composta sotto l'effetto dei carichi di lunga durata (permanenti portati).

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	35 di 117

Viscosità per valutazione caratteristiche sezione composta a t = inf.

Viscosità (EN1992-1-1 §3.1.4)

Classe	C32/40		Classe del calcestruzzo
R_{ck} =	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck} =	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm} =	40	MPa	valor medio resistenza cilindrica
E_{cm} =	33.346	MPa	Modulo elastico di progetto
E_c =	35.013	MPa	Modulo elastico tangente
Cem.Tipo	N	-	CEM 32,5 R, CEM 42,5 N
t_0	7	gg	età di applicazione del carico
t_0^*	7	gg	età di applicazione del carico modif. tipo cem. (S, N o R)
t	10.000	gg	
A_c	854.000	mmq	area sez trasversale
u	2440	mm	perimetro a contatto con l'atmosfera
h_0	700	mm	dimensione fittizia dell'elemento
RH	65	%	Umidità Relativa
$\beta(f_{cm})$	2,66	-	influenza della resistenza del cls
$\beta(t_0)$	0,63	-	influenza del momento di applicazione del carico
φ_{RH}	1,35	-	coeff.influenza dell'umidità relativa
α_1	0,91	-	coeff.influenza della resistenza del cls
α_2	0,97	-	coeff.influenza della resistenza del cls
α_3	0,94	-	coeff.influenza della resistenza del cls
φ_0	2,27	-	coeff. nominale di viscosità
β_H	352,29	-	coeff. per RH e h_0
$\beta_c(t^*, t_0)$	0,99	-	
$\varphi(t^*, t_0)$	2,25	-	Coeff. di viscosità
$E_{c,R}$ =	10.768	MPa	Modulo elastico Ridotto
$E_{c,R}^*$ =	12.500	MPa	Modulo elastico Ridotto Modificato

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 36 di 117

6.9 Azioni sismiche

Le azioni sismiche non sono dimensionanti ai fini delle verifiche relative all'impalcato e non vengono quindi considerate nelle analisi dello stesso. Le azioni sismiche considerate per la progettazione delle sottostrutture (pile, spalle e fondazioni) sono riportate nelle corrispondenti relazioni di calcolo.

La valutazione delle azioni sismiche considerate nella progettazione dei dispositivi di appoggio degli impalcati in CAP oggetto del presente documento è riportata nel corrispondente paragrafo.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 37 di 117

7 FASI COSTRUTTIVE E MODELLAZIONE

L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata considerando le fasi costruttive descritte di seguito.

Fase 0: condizione a vuoto

In questa fase si verifica la condizione della trave prefabbricata alla tesatura in stabilimento, secondo le seguenti ipotesi.

- ✓ Azione di precompressione alla tesatura.
- ✓ Peso proprio della trave prefabbricata agente con schema statico di trave appoggiata sui lembi estremi della trave ($L=L_{trave}$).
- ✓ Sezione resistente della sola trave prefabbricata.

Fase 1: getto della soletta

In questa fase si verifica la condizione della trave prefabbricata al getto della soletta di impalcato, secondo le seguenti ipotesi.

- ✓ Precompressione a perdite per rilassamento e ritiro completamente esaurite.
- ✓ Peso proprio trave prefabbricata e del getto della soletta agenti con schema statico di trave appoggiata sugli appoggi finali ($L= l_{appoggi}$).
- ✓ Sezione resistente della sola trave.

A vantaggio di sicurezza, in questa fase si considerano le travi prefabbricate non solidarizzate. L'entità del carico spettante alla trave di bordo risulta quindi stimato cautelativamente con il criterio delle aree di influenza e non considerando invece una ripartizione uniforme del carico tra tutte le travi.

Fase 2: carichi permanenti e valutazione effetti di ritiro differenziale e viscosità

In questa fase si verifica la condizione della trave prefabbricata (ora collaborante con la soletta di impalcato) soggetta all'effetto dei carichi permanenti, secondo le seguenti ipotesi.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 38 di 117

- ✓ Precompressione a perdite per rilassamento e ritiro completamente esaurite.
- ✓ Carichi permanenti agenti con schema statico di trave appoggiata sugli appoggi finali ($L=L_{appoggi}$).
- ✓ Sezione resistente trave+soletta.
- ✓ Valutazione degli effetti di ritiro differenziale e viscosità.

Fase 3: condizione di servizio

In questa fase si verifica la condizione della trave prefabbricata (collaborante con la soletta di impalcato) soggetta all'effetto dei carichi di servizio, secondo le seguenti ipotesi.

- ✓ Precompressione a perdite per rilassamento e ritiro completamente esaurite.
- ✓ Carichi di servizio agenti con schema statico di trave appoggiata sugli appoggi finali ($L=L_{appoggi}$).
- ✓ Sezione resistente trave+soletta.

7.1 Modellazione: Generalità

Le sollecitazioni relative ad ogni fase sono state valutate con adeguati modelli e combinate secondo quanto previsto dalla normativa. In riferimento alle verifiche tensionali previste dalla normativa, gli effetti sugli elementi resistenti sono stati valutati e verificati ad ogni fase e cumulativo necessario.

L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata con l'ausilio di modelli di calcolo realizzati con il software CSI Bridge 2015 v.17.2.0.

Sono stati realizzati diversi modelli per l'individuazione delle sollecitazioni nelle diverse fasi costruttive. Tale approccio ha consentito considerare le fasi realizzative mediante analisi lineari, evitando inutili complicazioni del modello di calcolo.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</p> <p>II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO</p>												
<p><i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>02</td> <td>D 09 CL</td> <td>VI 00 07 001</td> <td>B</td> <td>39 di 117</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	39 di 117
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	39 di 117								

I modelli riproducono le caratteristiche geometriche e meccaniche delle strutture. In particolare, le travi prefabbricate sono state modellate con elementi monodimensionali di tipo “frame”, mentre la soletta ed i traversi sono stati descritti utilizzando elementi bidimensionali tipo shell.

7.1.1 Modello fase 0

Il modello replica l'elemento prefabbricato, comprensivo dei traversi, appoggiato alle estremità della trave stessa.

I carichi applicati sono relativi al peso proprio e sono definiti automaticamente dal software, una volta definito il peso di volume del materiale. Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo.



Figura 15– modello di calcolo f.e.m. fase 0

7.1.2 Modello fase 1

Il modello replica l'elemento prefabbricato, comprensivo dei traversi, appoggiato in corrispondenza degli appoggi previsti per l'impalcato. Oltre al peso proprio, viene applicato il carico relativo al getto della soletta come carico uniforme. La valutazione del peso della soletta è effettuata secondo il criterio di area di influenza. Per semplicità, viene valutato solamente l'elemento trave di bordo, che è quello maggiormente sollecitato. Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo. A vantaggio di sicurezza il carico del muretto baraballast è stato considerato in questa fase, quindi agente sulla sola trave prefabbricata.

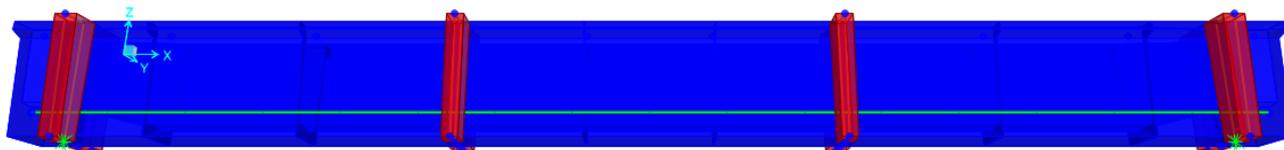
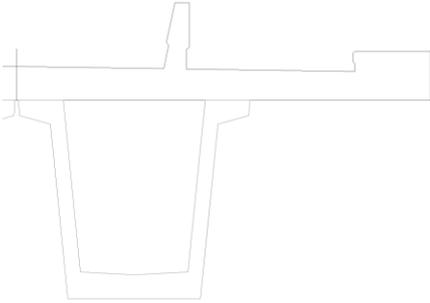


Figura 16– modello di calcolo f.e.m. fase 1

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	40 di 117



$$A = 1.76 \text{ mq}$$

$$q = 1.76 \times 25 = 44 \text{ kN/m}$$

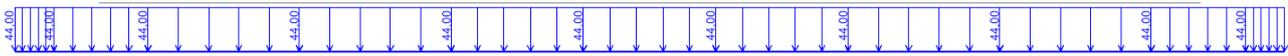
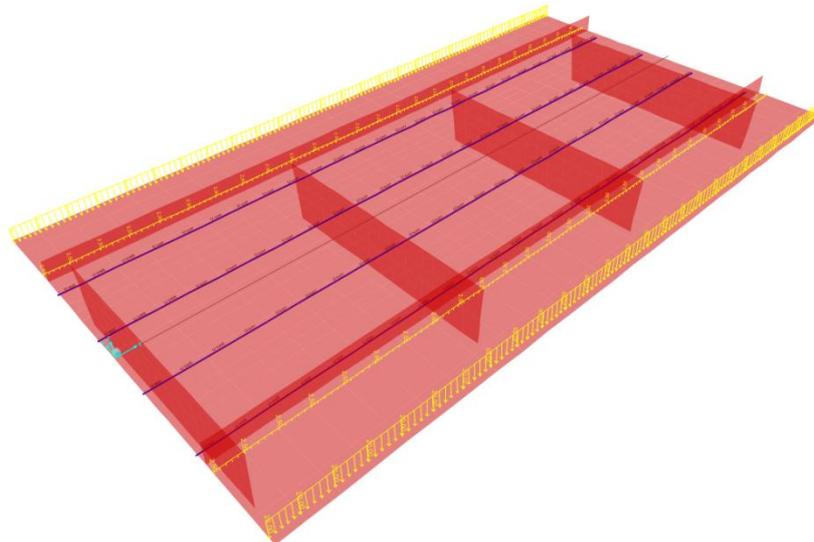


Figura 17– Carico soletta su modello fase 1

7.1.3 Modello fase 2

Il modello replica l'impalcato, comprensivo di travi, traversi e soletta, appoggiato in corrispondenza degli appoggi previsti per l'impalcato. I carichi applicati sono quelli relativi ai sovraccarichi permanenti, valutati in coerenza con quanto definito nell'analisi dei carichi (massicciata, barriere antirumore e canalette).



	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 41 di 117

Figura 18–modello fase 2 – Carico barriere a.r. e canalette

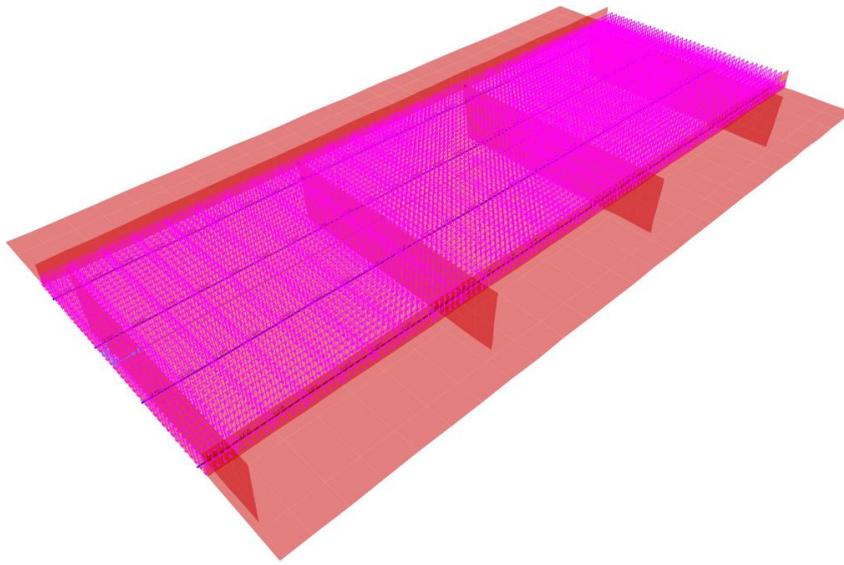


Figura 19–modello fase 2 – Carico massicciata

Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo globale della struttura.

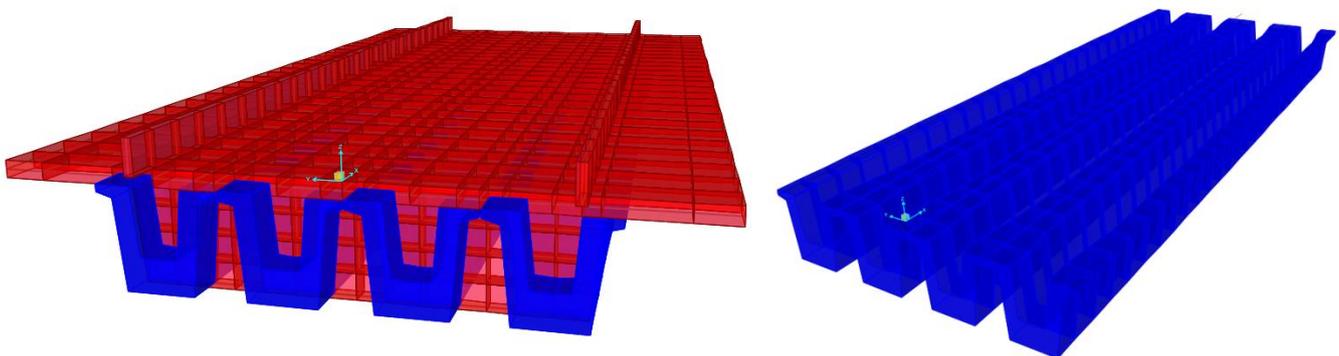


Figura 20– modello di calcolo f.e.m. fase 2 e 3

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 42 di 117

7.1.4 Modello fase 3

Il modello replica l'impalcato, comprensivo di travi, traversi e soletta, appoggiato in corrispondenza degli appoggi previsti per l'impalcato. I carichi applicati sono quelli relativi ai carichi di servizio, valutati in coerenza con quanto definito nell'analisi dei carichi (traffico, vento, termica).

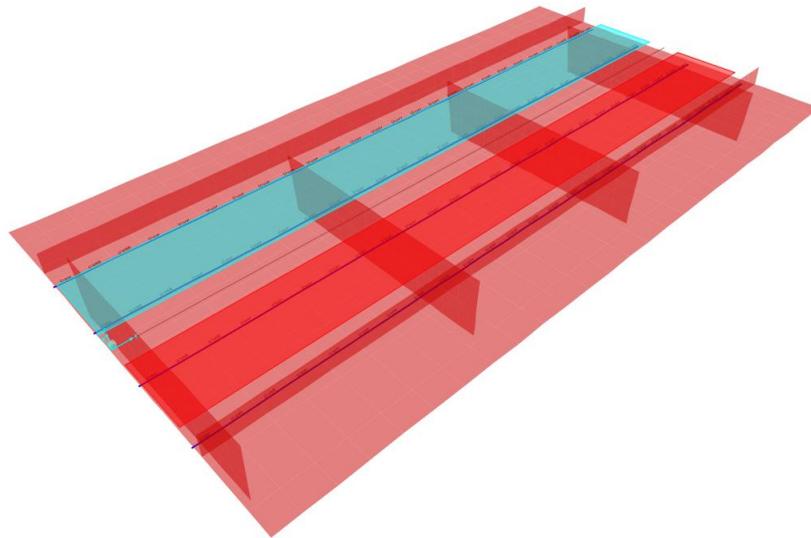


Figura 21– modello di calcolo f.e.m. fase 3 – linee di carico

I carichi da traffico ferroviario sono applicati al modello mediante linee di carico.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
	<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B

7.2 Combinazioni di carico

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella seguente tabella:

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.

Tabella 4 - Valutazione dei carichi da traffico (da *Manuale di Progettazione delle Opere Civili*)

Le azioni di cui ai paragrafi precedenti sono combinate tra loro, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto relative agli elementi strutturali di volta in volta considerati in base a quanto prescritto dal D.M. 14 Gennaio 2008 al paragrafo § 2.5.3, §3.2.4 e paragrafo §5.2.3.

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	44 di 117

– Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

– Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

L'analisi ragionata delle combinazioni di carico previste dalla normativa ha consentito di ridurre il numero di combinazioni considerate. Nella tabella seguente si riportano i valori di combinazioni adottati per analisi e verifiche. I valori riportati in tabella considerano già i coefficienti di combinazione previsti dalla normativa.

Tipo Combinazione	Combinazione	Azione principale	G1_pp	G1_per m	P_Precomp r	gr_traffico	Tk_ΔT_uni f	Tk_ΔT_li n	Fw_Vento	Ritiro	Viscosità
SLU	A1STR_gr1	gr1	1.35	1.5	1	1.45	0.72	0.72	0.9	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr2	gr2	1.35	1.5	1	1.45	0.72	0.72	0.9	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr3	gr3	1.35	1.5	1	1.45	0.72	0.72	0.9	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr1_Fw	Fw	1.35	1.5	1	1.16	0.72	0.72	1.5	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr2_Fw	Fw	1.35	1.5	1	1.16	0.72	0.72	1.5	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr3_Fw	Fw	1.35	1.5	1	1.16	0.72	0.72	1.5	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr1_Tk	Tk	1.35	1.5	1	1.45	1.2	1.2	0.9	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr2_Tk	Tk	1.35	1.5	1	1.45	1.2	1.2	0.9	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr3_Tk	Tk	1.35	1.5	1	1.45	1.2	1.2	0.9	1.2	1.2
SLV	SLV_gr1	Tk	1	1	1	0.2	0.5	0.5	0	1	1
SLV	SLV_gr3	Tk	1	1	1	0.2	0.5	0.5	0	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr1	gr1	1	1	1	1	0.6	0.6	0.6	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr2	gr2	1	1	1	1	0.6	0.6	0.6	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr3	gr3	1	1	1	1	0.6	0.6	0.6	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr1_Fw	Fw	1	1	1	0.8	0.6	0.6	1	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr2_Fw	Fw	1	1	1	0.8	0.6	0.6	1	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr3_Fw	Fw	1	1	1	0.8	0.6	0.6	1	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr1_Tk	Tk	1	1	1	0.8	1	1	0.6	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr2_Tk	Tk	1	1	1	0.8	1	1	0.6	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr3_Tk	Tk	1	1	1	0.8	1	1	0.6	1	1
FREQUENTE	FR_gr1	gr1	1	1	1	0.8	0.5	0.5	0	1	1
FREQUENTE	FR_gr2	gr2	1	1	1	0.8	0.5	0.5	0	1	1

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	45 di 117

Tipo Combinazione	Combinazione	Azione principale	G1_pp	G1_per m	P_Precomp r	gr_traffico	Tk_ΔT_uni f	Tk_ΔT_li n	Fw_Vento	Ritiro	Viscosità
FREQUENTE	FR_gr3	gr3	1	1	1	0.8	0.5	0.5	0	1	1
FREQUENTE	FR_gr1_Fw	Fw	1	1	1	0	0.5	0.5	0.5	1	1
FREQUENTE	FR_gr2_Fw	Fw	1	1	1	0	0.5	0.5	0.5	1	1
FREQUENTE	FR_gr3_Fw	Fw	1	1	1	0	0.5	0.5	0.5	1	1
FREQUENTE	FR_gr1_Tk	Tk	1	1	1	0	0.6	0.6	0	1	1
FREQUENTE	FR_gr2_Tk	Tk	1	1	1	0	0.6	0.6	0	1	1
FREQUENTE	FR_gr3_Tk	Tk	1	1	1	0	0.6	0.6	0	1	1
QP	QP_Tk	Tk	1	1	1	0	0.5	0.5	0	1	1
SLD	SLD_gr1	Tk	1	1	1	0	0.5	0.5	0	1	1
SLD	SLD_gr3	Tk	1	1	1	0	0.5	0.5	0	1	1

I valori della colonna “gr_traffico” moltiplicano gli effetti dei singoli gruppi di carico considerati. I gruppi di carico sono definiti sulla base delle indicazioni di normativa, secondo i coefficienti riportati nella seguente tabella.

	Carico Verticale	Treno Scarico	Frenatura	Avviamento	Centrifuga	Serpeggio
Gruppo 1 - fren (SW/2)	1	0	0.5	0	1	1
Gruppo 1 - avv (LM71)	1	0	0	0.5	1	1
Gruppo 2 - (Scarico)	0	1	0	0	1	1
Gruppo 3 - fren (SW/2)	1	0	1	0	0.5	0.5
Gruppo 3 - avv (LM71)	1	0	0	1	0.5	0.5

Legenda:

Gruppo 1 - fren (SW/2) - gruppo 1 con treno di carico SW/2 sul binario 1 e corrispondenti azioni da traffico con frenatura

Gruppo 1 - avv (LM71) - gruppo 1 con treno di carico LM71 sul binario 2 e corrispondenti azioni da traffico con avviamento

Gruppo 2 - (Scarico) - gruppo 2 con treno scarico e corrispondenti azioni centrifuga e serpeggio

Gruppo 3 - fren (SW/2) - gruppo 3 con treno di carico SW/2 sul binario 1 e corrispondenti azioni da traffico con frenatura

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 46 di 117

Gruppo 3 - avv (LM71) -gruppo 3 con treno di carico LM71 sul binario 2 e corrispondenti azioni da traffico con avviamento

Per ridurre il numero di combinazioni, i gruppi di carico che prevedono il treno SW/2 comprendono sempre il carico di frenatura (che è più gravoso di quello di avviamento), mentre i gruppi di carico che prevedono il treno LM71 comprendono sempre il carico di avviamento.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO												
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>02</td> <td>D 09 CL</td> <td>VI 00 07 001</td> <td>B</td> <td>47 di 117</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	47 di 117
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	47 di 117								

8 EFFETTI GLOBALI SU IMPALCATO – VERIFICHE TENSIONALI AGLI SLE

Per ogni fase sono verificate le tensioni ai lembi superiore ed inferiore della trave e, una volta che la soletta diventa collaborante, anche la tensione ai lembi superiore ed inferiore della soletta stessa. I limiti tensionali per l'acciaio da precompressione e per il calcestruzzo nelle varie fasi, sono definiti nel D.M. 14 Gennaio 2008 al §4.1.8.1 e nel Manuale di progettazione RFI 2016 “RFI DTC SI PS MA IFS 001 A” [3]. I limiti tensionali considerati, tengono conto del livello di maturazione del cls, secondo quanto di seguito definito.

Fase 0 e 1:

- ✓ test cls sup. : si verifica che il lembo superiore della sezione non sia in trazione per i carichi considerati
- ✓ test cls inf. : si verifica che la tensione di compressione al lembo inferiore della sezione non sia superiore al limite $0.6 \times f_{ck}$
- ✓ test precompr. : si verifica che la tensione di trazione nell'armatura di precompressione non sia superiore al limite $0.75 \times f_{pk}$

Fase 2 e 3:

- ✓ test cls sup.soletta : si verifica che la tensione di compressione al lembo inferiore della sezione non sia superiore al limite $0.55 \times f_{ck}$ per combinazioni rare, $0.40 \times f_{ck}$ per combinazioni quasi permanenti.
- ✓ test cls inf.soletta : si verifica che la tensione di compressione al lembo inferiore della sezione non sia superiore al limite $0.55 \times f_{ck}$ per combinazioni rare, $0.40 \times f_{ck}$ per combinazioni quasi permanenti.
- ✓ test cls sup. : si verifica che la tensione di compressione al lembo superiore della sezione non sia superiore al limite $0.55 \times f_{ck}$ per combinazioni rare, $0.40 \times f_{ck}$ per combinazioni quasi permanenti.
- ✓ test cls inf.compr. : si verifica che la tensione di compressione al lembo inferiore della sezione non sia superiore al limite $0.55 \times f_{ck}$ per combinazioni rare, $0.40 \times f_{ck}$ per combinazioni quasi permanenti.
- ✓ test cls inf.trazione. : si verifica che il lembo inferiore della sezione non sia in trazione per i carichi considerati.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
	<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B

- ✓ test precompr. : si verifica che la tensione di trazione nell'armatura di precompressione non sia superiore al limite $0.75 \times f_{pk}$

Tali verifiche sono state effettuate in corrispondenza delle sezioni di seguito descritte.

- ✓ Sezione 1: sezione ringrossata all'appoggio ($x=0.75$ m), 48 trefoli
- ✓ Sezione 2: sezione corrente posta alla fine del tratto a sez. variabile ($x=2.55$ m), 48 trefoli
- ✓ Sezione 3: sezione corrente in corrispondenza del primo traverso intermedio ($x=8.35$ m), 72 trefoli
- ✓ Sezione 4: sezione corrente in mezzeria ($x=12.15$ m), 72 trefoli

Oltre che per la geometria della sezione in c.a., le sezioni considerate differiscono anche per la precompressione agente.

8.1 Sollecitazioni

Si riportano di seguito le sollecitazioni riscontrate nelle sezioni di verifica, dovute ai carichi elementari precedentemente descritti. I valori sono da intendersi già combinati.

Fase 0 – condizione a vuoto

Le sollecitazioni sotto riportate sono valide sia per le travi di bordo che per quelle intermedie.

	M_{pp}	V_{pp}
	kN-m	kN
Sezione 1	321	371
Sezione 2	918	300
Sezione 3	2197	140
Sezione 4	2396	0

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	49 di 117

Fase 1 – getto della soletta

Le sollecitazioni sotto riportate sono relative alle travi di bordo che sono quelle maggiormente sollecitate.

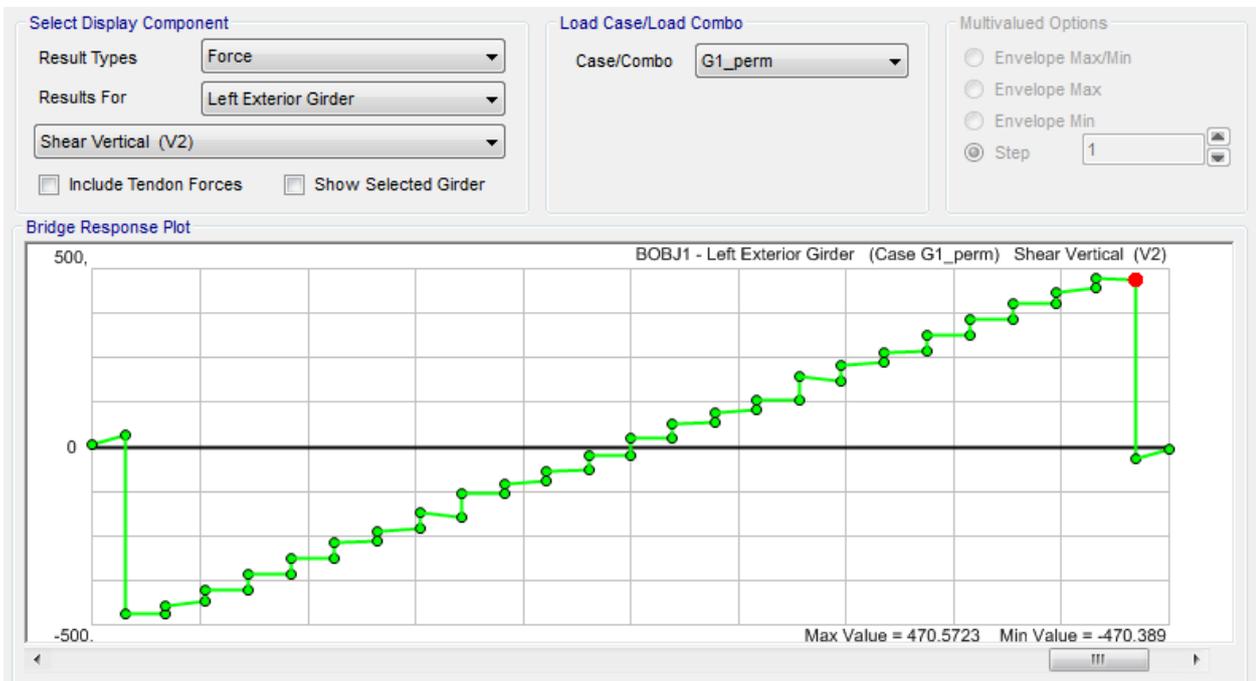
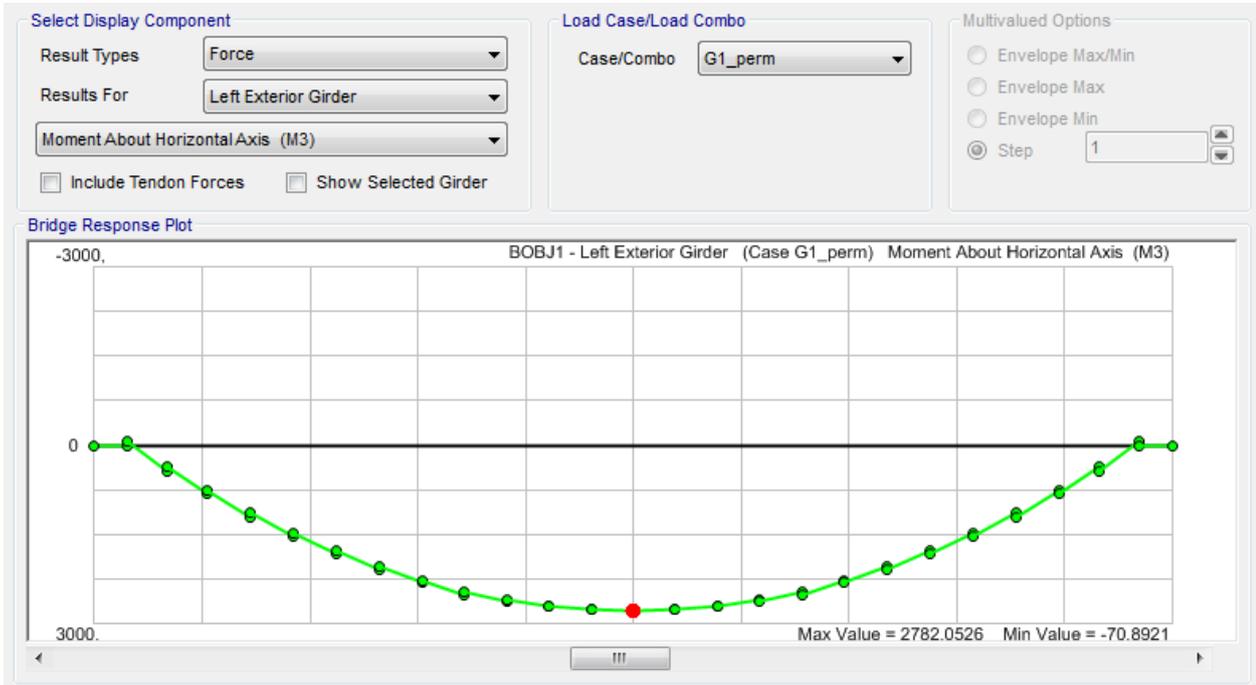
	M_{pp}	T_{pp}	$M_{soletta}$	$T_{soletta}$
	kN-m	kN	kN-m	kN
Sezione 1	-8	349	-12	502
Sezione 2	576	300	819	422
Sezione 3	1853	141	2529	167
Sezione 4	2051	0	2847	0

Fase 2 – carichi permanenti

Le sollecitazioni sotto riportate sono relative alle travi di bordo che sono quelle maggiormente sollecitate.

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	50 di 117

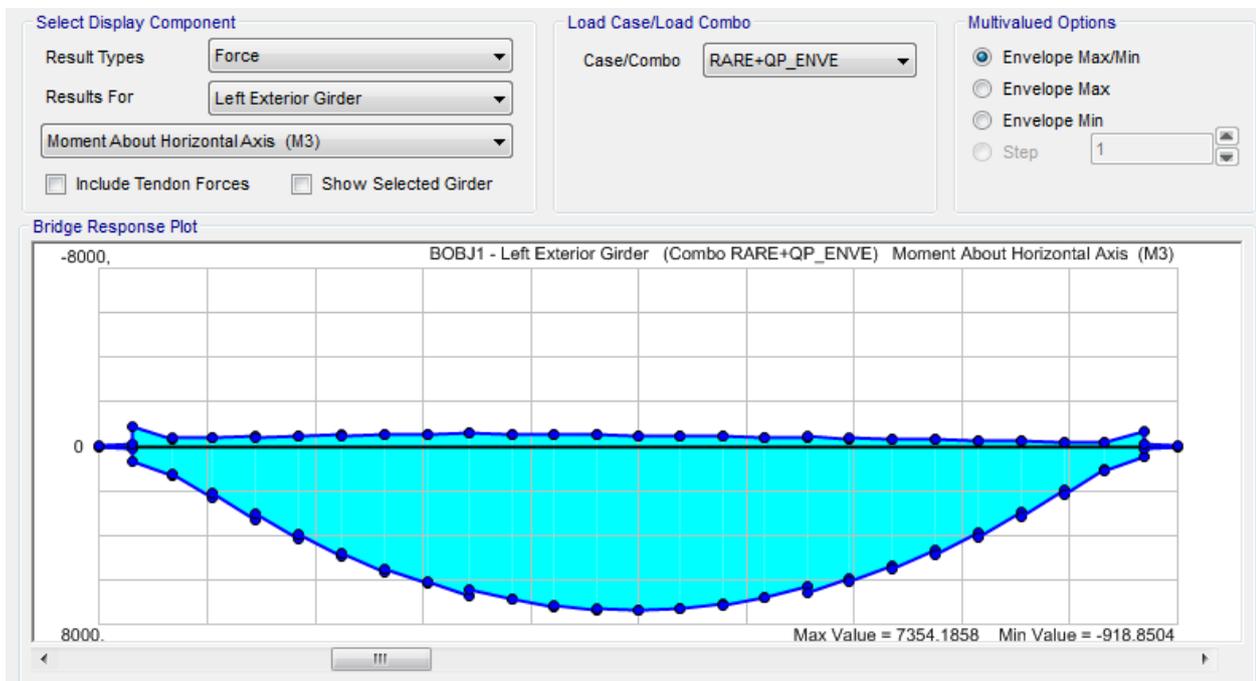


Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	51 di 117

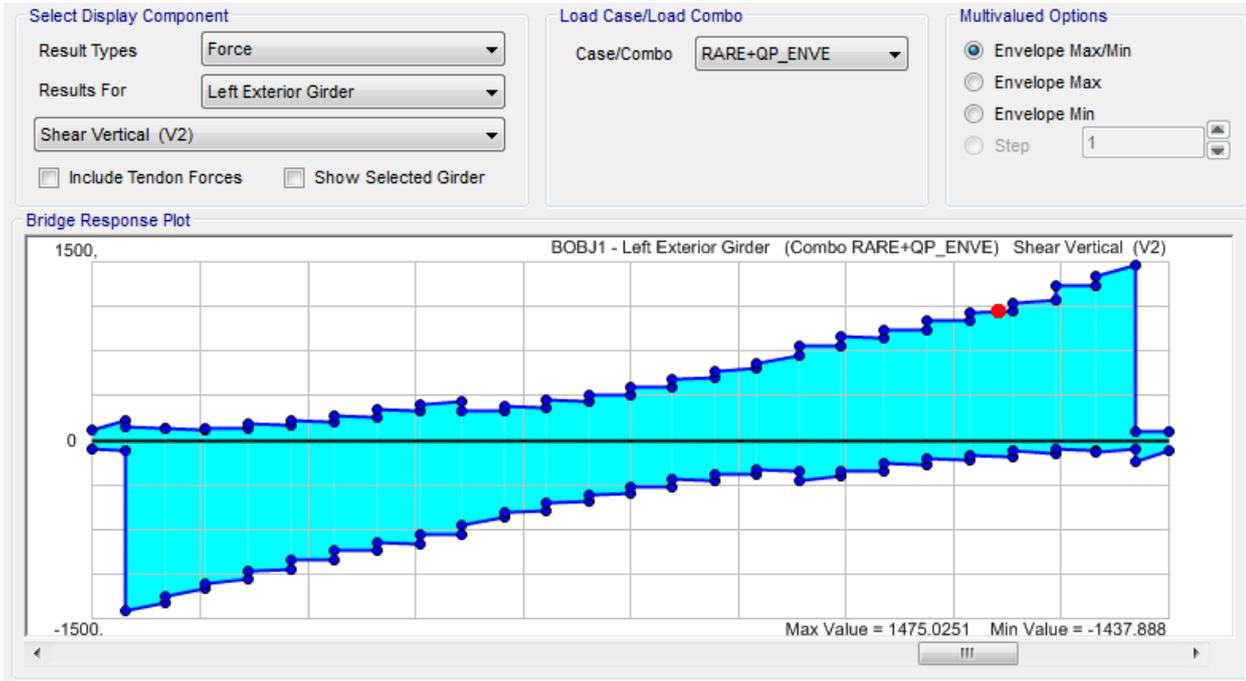
	M_{perm}	T_{perm}
	kN-m	kN
Sezione 1	-71	469
Sezione 2	822	435
Sezione 3	2519	200
Sezione 4	2782	0

Fase 3: condizione di servizio



Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	52 di 117



	$M_{SLE,3fase}$	$T_{SLE,3fase}$
	kN-m	kN
Sezione 1	-132	1438
Sezione 2	2276	1199
Sezione 3	6693	791
Sezione 4	7354	448

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</p> <p>II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO</p>												
<p><i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>02</td> <td>D 09 CL</td> <td>VI 00 07 001</td> <td>B</td> <td>53 di 117</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	53 di 117
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	53 di 117								

8.2 Verifiche tensionali

Si riportano di seguito le verifiche tensionali previste per gli SLE

8.2.1 Materiali

Calcestruzzo travi prefabbricate

Classe C45/55

$R_{ck} =$	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c =$	1,5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$\alpha_{cc} =$	1		coeff. rid. Per carichi di lunga durata (1;0,85)
$f_{cd} =$	30	MPa	resistenza di progetto
$f_{cm} =$	53	MPa	resistenza media
$f_{ctm} =$	3,80	MPa	resistenza media a trazione semplice
$E_{cm} =$	36.283	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{c2} =$	0,20%		per classi inferiori a C50/60
$\epsilon_{cu2} =$	0,35%		per classi inferiori a C50/60

Calcestruzzo travi prefabbricate al trasferimento della precompressione

Classe C35/45

$R_{ck} =$	45	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	35	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c =$	1,5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$\alpha_{cc} =$	1		coeff. rid. Per carichi di lunga durata (1;0,85)
$f_{cd} =$	23,33	MPa	resistenza di progetto
$f_{cm} =$	43	MPa	resistenza media
$f_{ctm} =$	3,21	MPa	resistenza media a trazione semplice
$E_{cm} =$	34.077	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{c2} =$	0,20%		per classi inferiori a C50/60
$\epsilon_{cu2} =$	0,35%		per classi inferiori a C50/60

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	54 di 117

$0,7 \times f_{ck} = 24,5$ MPa Valore limite della tensione all'atto della precompressione

$0,6 \times f_{ck} = 21$ MPa Valore limite della tensione a cadute avvenute

Calcestruzzo soletta

Classe C32/40

$R_{ck} =$	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c =$	1,5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$\alpha_{cc} =$	1		coeff. rid. Per carichi di lunga durata (1;0,85)
$f_{cd} =$	21,33	MPa	resistenza di progetto
$f_{cm} =$	40	MPa	resistenza media
$f_{ctm} =$	3,02	MPa	resistenza media a trazione semplice
$E_{cm} =$	33.346	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{c2} =$	0,20%		per classi inferiori a C50/60
$\epsilon_{cu2} =$	0,35%		per classi inferiori a C50/60

Acciaio da precompressione

Trefoli a basso rilassamento

$f_{pk} \geq$	1860	MPa	tensione caratteristica di rottura
$f_{p(0,1)k} \geq$	1670	MPa	tensione caratteristica allo 0,1% di def. Residua
$0,8 \times f_{pk} =$	1488	MPa	Tensione limite alla tesatura - Condiz. 1
$0,9 \times f_{p(0,1)k} =$	1503	MPa	Tensione limite alla tesatura - Condiz. 2
$\sigma_{p,max} =$	1488	MPa	Tensione massima alla tesatura (=min{cond.1;cond.2})
$\sigma_p =$	1400	MPa	Tensione alla tesatura $< \sigma_{p,max}$
$E_p =$	195.000	MPa	Modulo elastico di progetto
$0,75 \times f_{pk} =$	1395		Tensione alla tesatura dopo trasf. - Condiz. 1
$0,85 \times f_{p(0,1)k} =$	1420		Tensione alla tesatura dopo trasf. - Condiz. 2

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	55 di 117

$\sigma_{p0,max} = 1395$ Tensione massima alla tesatura a perdite immediate avvenute

8.2.2 Maschera precompressione

Precompressione tipo 1 – sezione corrente

Famiglia	Numero Trefoli	A _{trefolo}	A _{P,i}	y _{P,i}	y _{P,i} X A _{P,i}	N _{prec}
		[mmq]	[mmq]	[mm]	[mmc]	[kN]
1	2	139	278	2040	567120	389,20
2	2	139	278	1130	314140	389,20
3	2	139	278	1080	300240	389,20
4	2	139	278	1030	286340	389,20
5	2	139	278	980	272440	389,20
6	2	139	278	930	258540	389,20
7	2	139	278	880	244640	389,20
8	2	139	278	830	230740	389,20
9	2	139	278	780	216840	389,20
10	2	139	278	730	202940	389,20
11	2	139	278	680	189040	389,20
12	2	139	278	630	175140	389,20
13	0	139	0	570	0	0,00
14	0	139	0	510	0	0,00
15	0	139	0	450	0	0,00
16	2	139	278	360	100080	389,20
17	2	139	278	310	86180	389,20
18	2	139	278	260	72280	389,20
19	2	139	278	210	58380	389,20
20	12	139	1668	160	266880	2335,20
21	14	139	1946	110	214060	2724,40
22	14	139	1946	60	116760	2724,40
23		139	0		0	0,00
24		139	0		0	0,00
25		139	0		0	0,00
	72				4172780	14011

A_p = **10008** mmq

Y_{G,P} = **417** mm

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	56 di 117

Precompressione tipo 2 – sezione appoggio

Famiglia	Numero Trefoli	A _{trefolo}	A _{P,i}	y _{P,i}	y _{P,i} X A _{P,i}	N _{prec}
		[mmq]	[mmq]	[mm]	[mmc]	[kN]
1	2	139	278	2040	567120	389,20
2	2	139	278	1130	314140	389,20
3	2	139	278	1080	300240	389,20
4	2	139	278	1030	286340	389,20
5	2	139	278	980	272440	389,20
6	2	139	278	930	258540	389,20
7	2	139	278	880	244640	389,20
8	2	139	278	830	230740	389,20
9	2	139	278	780	216840	389,20
10	2	139	278	730	202940	389,20
11	2	139	278	680	189040	389,20
12	2	139	278	630	175140	389,20
13	0	139	0	570	0	0,00
14	0	139	0	510	0	0,00
15	0	139	0	450	0	0,00
16	2	139	278	360	100080	389,20
17	2	139	278	310	86180	389,20
18	2	139	278	260	72280	389,20
19	2	139	278	210	58380	389,20
20	4	139	556	160	88960	778,40
21	6	139	834	110	91740	1167,60
22	6	139	834	60	50040	1167,60
23			0	0	0	0,00
24			0	0	0	0,00
25			0	0	0	0,00
	48				3805820	9341

A_p = **6672** mmq

y_{G,P} = **570** mm

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	57 di 117

8.2.3 Caratteristiche delle sezioni

Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0,75	2,55	8,35	12,15	
Precompr.	-	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 1	
n		5,4	5,4	5,4	5,4	Coeff. di omogeneizzazione acciaio da precompressione
$A_{cls} =$	mmq	1.973.000	1.093.000	1.093.000	1.093.000	Area lorda sezione CLS
$A_p =$	mmq	6.672	6.672	10.008	10.008	Area armatura di precompressione
$A^* =$	mmq	2.008.858	1.128.858	1.146.787	1.146.787	Area omogeneizzata
$y_{G,cls} =$	mm	960	915	915	915	Baricentro sezione cls
$y_{G,p} =$	mm	570	570	417	417	Baricentro armatura precompressione
$y^*_{G,cls} =$	mm	953	904	892	892	Baricentro sezione cls omogeneizzata
$I_{cls} =$	mm ⁴	8,838E+11	5,90E+11	5,90E+11	5,90E+11	Inerzia sezione cls
$I^*_{cls} =$	mm ⁴	8,891E+11	5,94E+11	6,03E+11	6,03E+11	Inerzia sezione cls omogeneizzata
$H_{sez} =$	mm	2100	2100	2100	2100	Altezza sezione
$y_{sup} =$	mm	1147	1196	1208	1208	distanza del lembo sup. da $y^*_{G,cls}$
$y_{inf} =$	mm	953	904	892	892	distanza del lembo inf. da $y^*_{G,cls}$
e	mm	383	334	475	475	Eccentricità cavo risultante
$W^*_{sup} =$	mmc	7,75E+08	4,97E+08	4,99E+08	4,99E+08	Modulo di res. Lembo sup.
$W^*_{inf} =$	mmc	9,33E+08	6,57E+08	6,76E+08	6,76E+08	Modulo di res. Lembo inf.

8.2.4 Fase 0

Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0,75	2,55	8,35	12,15	
N_{prec}	[kN]	9.341	9.341	14.011	14.011	Precompressione alla tesatura
M_{prec}	[kN-m]	-3.574	-3.116	-6.651	-6.651	Momento di Precompressione alla tesatura
c - trasferim.	-	0,5	1	1	1	coefficiente di trasferimento precompressione (*)
N^*_{prec}	[kN]	4.670	9.341	14.011	14.011	Parte di Precompressione trasferita alla tesatura
M^*_{prec}	[kN-m]	-1.787	-3.116	-6.651	-6.651	Parte di Momento di Precompressione trasferito alla tesatura
M^*_{pp}	[kN-m]	321	918	2197	2396	Momento dovuto al peso proprio - $L=L_{trave}$
$\sigma^*_{c,sup} =$	MPa	0,43	3,85	3,29	3,69	Tensione nel cls al lembo superiore della sezione
$\sigma^*_{c,inf} =$	MPa	3,90	11,62	18,81	18,51	Tensione nel cls al lembo inferiore della sezione
$\sigma^*_{c,yGp} =$	MPa	2,96	9,51	15,73	15,57	Tensione nel cls fibra cavo risultante

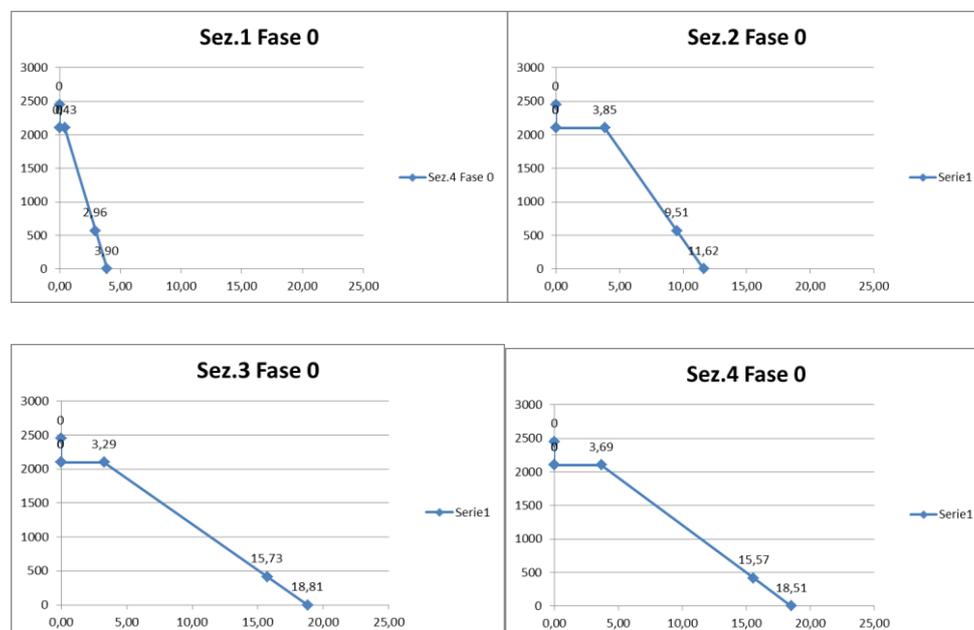
Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	58 di 117

Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0,75	2,55	8,35	12,15	
$\Delta\sigma_{p0} =$	MPa	0,00	0,00	0,00	0,00	Perdite immediate per rientro ancoraggi
$\Delta\sigma_{p0,elast.} =$	MPa	15,89	51,11	84,52	83,68	Perdite immediate per deformazione elastica
$\sigma_{pi}^* =$	MPa	684,11	1348,89	1315,48	1316,32	Tensione nel cavo a perdite iniziali avvenute
test cls sup.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma_{c,sup}^* > 0$?
test cls inf.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma_{c,inf}^* < 0,6 \times f_{ck}$?
test precompr.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma_{pi}^* < \sigma_{p0,max}$?

(*) In questa fase progettuale, si effettua l'ipotesi di trasferimento del 50% degli effetti di precompressione. Resta inteso che il valore dell'aliquota di carico trasferito potrà essere confermato (o eventualmente ridefinita) nella successiva fase progettuale in relazione alle modalità esecutive quali, ad esempio, il grado di maturazione del calcestruzzo al taglio trefoli.

Si riportano di seguito gli andamenti delle tensioni al termine della fase 0.



Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	59 di 117

8.2.5 Fase 1

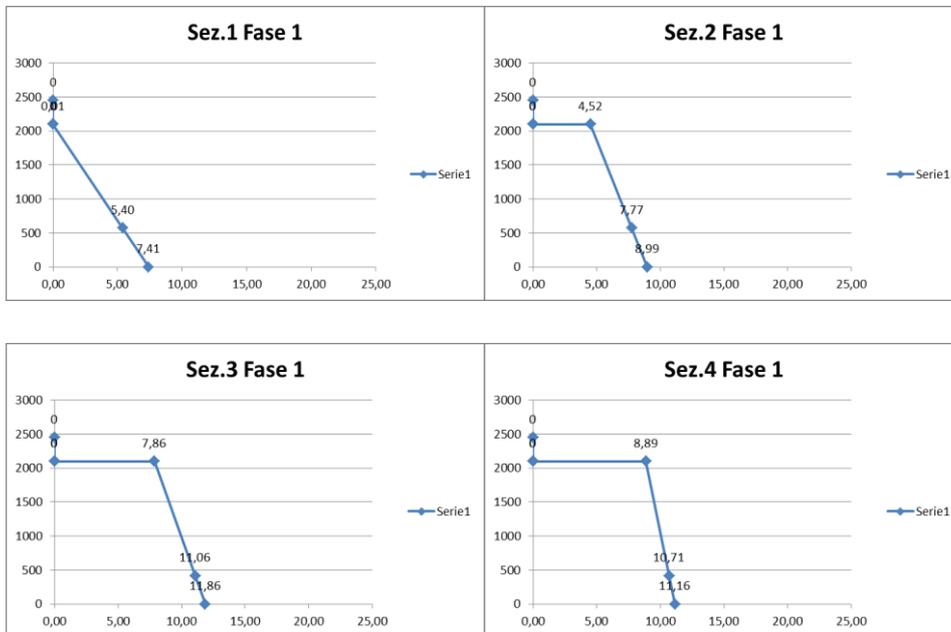
Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0,75	2,55	8,35	12,15	
$\Delta\sigma_{pr}$	MPa	63	63	63	63	Perdita per rilassamento al tempo t = 500,000h
$\epsilon_{cs,1} =$	-	0,000376	0,000376	0,000376	0,000376	Deformazione totale da ritiro $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$
$E_p =$	MPa	195.000	195.000	195.000	195.000	Modulo elastico di progetto acciaio da prec.
$E_{cm} =$	MPa	36.283	36.283	36.283	36.283	Modulo elastico di progetto cls travi
$\varphi_1(t^*, t_0)$	-	2,07	2,07	2,07	2,07	Coeff. di viscosità fase 1 (tave prefabbricata)
$A_p =$	mmq	6.672	6.672	10.008	10.008	Area armatura di precompressione
$A_c =$	mmq	1.973.000	1.093.000	1.093.000	1.093.000	Area lorda sezione CLS
$I_c =$	mm4	8,84E+11	5,90E+11	5,90E+11	5,90E+11	Inerzia sezione cls
$z_{cp} =$	mm	383	334	475	475	Eccentricità cavo risultante
Sollecitazioni di fase 1						
Ψ_2	-	0,00	0,00	0,00	0,00	Coeff. di combinazione carico variabile
M_Q	[kN-m]	0	0	0	0	Momento dovuto ai carichi variabili - L=L _{appoggi}
M_{pp}	[kN-m]	-8	576	1853	2051	Momento dovuto al peso proprio - L=L _{appoggi}
$M_{soletta}$	[kN-m]	-12	819	2529	2847	Momento dovuto al getto della soletta
$\sigma_{p,i}$	MPa	1.400	1.400	1.400	1.400	$\sigma_p - \Delta\sigma_{p0}$ (tens. Alla tesatura-perdite per rientro ancoraggi)
N_{prec}	[kN]	9.341	9.341	14.011	14.011	Precompressione iniziale
M_{prec}	[kN-m]	-3.574	-3.116	-6.651	-6.651	Momento di precompressione iniziale
$\sigma_{c,QP} =$	MPa	6,2	9,2	14,0	13,6	Tensione nel cls in corrisp. del cavo
$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$	MPa	181	205	236	232	Perdite per rit. visc. e rilassamento
ΔN_{prec}	[kN]	1.208	1.368	2.360	2.322	Riduzione precompressione
$\sigma_{c,sup} =$	MPa	0,01	4,52	7,86	8,89	Tensione nel cls al lembo superiore della sezione
$\sigma_{c,inf} =$	MPa	7,41	8,99	11,86	11,16	Tensione nel cls al lembo inferiore della sezione
$\sigma_{c,yGp} =$	MPa	5,40	7,77	11,06	10,71	Tensione nel cls fibra cavo risultante
$\sigma_{pi} =$	MPa	671,00	1358,22	1340,54	1342,46	Tensione nel cavo
test cls sup.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma_{c,sup}^* > 0$?
test cls inf.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma_{c,inf}^* < 0,6 \times f_{ck}$?

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	60 di 117

Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0,75	2,55	8,35	12,15	
test precompr.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma_{pi}^* < \sigma_{p0,max} ?$

Si riportano di seguito gli andamenti delle tensioni al termine della fase 1.



Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	61 di 117

8.2.6 Fase 2

Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0,75	2,55	8,35	12,15	
$n_{cls} =$	-	1,065	1,065	1,065	1,065	Coeff. omogeneizzazione tra cls soletta e CAP
$s_{soletta} =$	mm	350	350	350	350	Spessore soletta
$b_{sol, coll.} =$	mm	2.440	2.440	2.440	2.440	Larghezza collaborante soletta
n		5,4	5,4	5,4	5,4	Coeff. di omogeneizzazione acciaio da precompressione
$A_{cls} =$	mmq	1.973.000	1.093.000	1.093.000	1.093.000	Area lorda sezione CLS
$A_{cls,soletta} =$	mmq	854.000	854.000	854.000	854.000	Area lorda sezione CLS soletta
$A_p =$	mmq	6.672	6.672	10.008	10.008	Area armatura di precompressione
$A^* =$	mmq	2.810.934	1.930.934	1.948.863	1.948.863	Area omogeneizzata
$y_{G,cls+sol.} =$	mm	1340	1491	1491	1491	Baricentro sezione cls
$y_{G,p} =$	mm	570	570	417	417	Baricentro armatura precompressione
$y^*_{G,cls} =$	mm	1330	1474	1461	1461	Baricentro sezione cls omogeneizzata
$I_{cls+sol} =$	mm ⁴	1,878E+12	1,454E+12	1,454E+12	1,454E+12	Inerzia sezione cls + soletta
$I^*_{cls+sol} =$	mm ⁴	1,899E+12	1,483E+12	1,512E+12	1,512E+12	Inerzia sezione cls omogeneizzata
$H_{sez,lr+sol} =$	mm	2450	2450	2450	2450	Altezza sezione trave + soletta
$y_{sup, sol} =$	mm	1120	976	989	989	distanza del lembo sup. della soletta da $y^*_{G,cls}$
$y_{inf, sol} =$	mm	770	626	639	639	distanza del lembo inf. della soletta da $y^*_{G,cls}$
$y_{sup, trave} =$	mm	770	626	639	639	distanza del lembo sup. della trave da $y^*_{G,cls}$
$y_{inf, trave} =$	mm	1330	1474	1461	1461	distanza del lembo inf. della trave da $y^*_{G,cls}$
e	mm	760	903	1044	1044	eccentricità cavo risultante
$W^*_{sup, sol} =$	mmc	1,70E+09	1,52E+09	1,53E+09	1,53E+09	Modulo di res. Lembo sup. soletta
$W^*_{inf, sol} =$	mmc	2,47E+09	2,37E+09	2,37E+09	2,37E+09	Modulo di res. Lembo inf. soletta
$W^*_{sup, trave} =$	mmc	2,47E+09	2,37E+09	2,37E+09	2,37E+09	Modulo di res. Lembo sup. trave
$W^*_{inf, trave} =$	mmc	1,43E+09	1,01E+09	1,04E+09	1,04E+09	Modulo di res. Lembo inf. trave
$E_p =$	MPa	195.000	195.000	195.000	195.000	Modulo elastico di progetto acciaio da prec.
Sollecitazioni di fase						
2						
Ψ_2	-	0,00	0,00	0,00	0,00	Coeff. di combinazione carico variabile

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	62 di 117

Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0,75	2,55	8,35	12,15	
M _Q	[kN-m]	0	0	0	0	Momento dovuto ai carichi variabili - L=L _{appoggi}
M _{Permanenti}	[kN-m]	-16	887	2619	2955	Momento dovuto ai carichi permanenti portati
$\Delta\sigma_{c,sup, Sol} =$	MPa	-0,01	0,55	1,61	1,81	Variazione di tensione Lembo sup. soletta
$\Delta\sigma_{c,inf, Sol} =$	MPa	-0,01	0,35	1,04	1,17	Variazione di tensione Lembo inf. soletta
$\Delta\sigma_{c,sup, Trave} =$	MPa	-0,01	0,37	1,11	1,25	Variazione di tensione Lembo sup. trave
$\Delta\sigma_{c,inf, Trave} =$	MPa	0,01	-0,88	-2,53	-2,85	Variazione di tensione Lembo inf. trave
$\Delta\sigma_{c,yGp} =$	MPa	0,01	-0,54	-1,81	-2,04	Variazione di tensione fibra corrisp. al cavo
$\Delta\sigma_{pi} =$	MPa	-0,03	2,90	9,72	10,96	Variazione di tensione nel cavo
Rilassamento						
$\Delta\sigma_{pr}$	MPa	0	0	0	0	Perdita per rilassamento residua (inserire 0, se già scontata nella fase precedente)
Ritiro differenziale Trave-soletta						
$\epsilon_{cs} =$	-	0,000165	0,000165	0,000165	0,000165	Residuo Deformazione totale da ritiro $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$ nella trave ancora da scontare
$\epsilon_{cs,soletta} =$		0,000309	0,000309	0,000309	0,000309	Deformazione totale da ritiro $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$ nella soletta
$\Delta\epsilon_{cs,soletta} =$		0,000144	0,000144	0,000144	0,000144	Ritiro differenziale Soletta-Trave
E _{cm} =	MPa	36.283	36.283	36.283	36.283	Modulo elastico di progetto cls travi
E _{cm,soletta} =	MPa	33.346	33.346	33.346	33.346	Modulo elastico di progetto cls soletta
n _{cls} =	-	1,065	1,065	1,065	1,065	Coeff. omogeneizzazione tra cls soletta e CAP
E ⁱ _{cm,soletta} =	MPa	12170,409	12170,409	12170,409	12170,409	Modulo elastico di progetto cls soletta (eff.viscosi)
$\sigma_{c,soletta} =$	MPa	-1,752539	-1,752539	-1,752539	-1,752539	Tensioni fittizie da ritiro nella soletta
N _{Ritiro differenziale}	[kN]	1497	1497	1497	1497	Sforzo assiale da ritiro differenziale Soletta-Trave
M _{Ritiro differenziale}	[kN-m]	1414	1200	1218	1218	Momento dovuto al ritiro differenziale Soletta-Trave
$\Delta\sigma_{c,sup, Sol} =$	MPa	-0,47	-0,19	-0,19	-0,19	Variazione di tensione Lembo sup. soletta
$\Delta\sigma_{c,inf, Sol} =$	MPa	-0,71	-0,47	-0,47	-0,47	Variazione di tensione Lembo inf. soletta
$\Delta\sigma_{c,sup, Trave} =$	MPa	1,11	1,28	1,28	1,28	Variazione di tensione Lembo sup. trave
$\Delta\sigma_{c,inf, Trave} =$	MPa	-0,46	-0,42	-0,41	-0,41	Variazione di tensione Lembo inf. trave

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	63 di 117

Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0,75	2,55	8,35	12,15	
$\Delta\sigma_{c,yGp} =$	MPa	-0,03	0,04	-0,07	-0,07	Variazione di tensione fibra corrisp. al cavo
$\Delta\sigma_{pi,ri} =$	MPa	0,18	-0,24	0,39	0,39	Variazione di tensione nel cavo
Viscosità						
$\varphi(t^*, t_0)$	-	2,25	2,25	2,25	2,25	Coeff. di viscosità fase 2 (soletta)
$n_{cls} =$		1,065	1,065	1,065	1,065	Coeff. omogeneizzazione tra cls soletta e CAP
$n'_{cls} =$	-	2,98	2,98	2,98	2,98	$n_{cls} \times (1 + 0,8 \times \varphi(t^*, t_0))$
$s_{soletta} =$	mm	350	350	350	350	Spessore soletta
$b_{soletta, collab.} =$	mm	2440	2440	2440	2440	Larghezza collaborante soletta
n	-	5,4	5,4	5,4	5,4	Coeff. di omogeneizzazione acciaio da precompressione
$A_{cls} =$	mmq	1.973.000	1.093.000	1.093.000	1.093.000	Area lorda sezione CLS
$A_{cls,soletta} =$	mmq	854.000	854.000	854.000	854.000	Area lorda sezione CLS soletta
$A_p =$	mmq	6.672	6.672	10.008	10.008	Area armatura di precompressione
$A^* =$	mmq	2.295.314	1.415.314	1.433.243	1.433.243	Area omogeneizzata
$\gamma_{G,cls+sol.} =$	mm	1.127	1.197	1.197	1.197	Baricentro sezione cls+soletta
$\gamma_{G,p} =$	mm	570	570	417	417	Baricentro armatura precompressione
$\gamma^*_{G,cls} =$	mm	1.118	1.182	1.168	1.168	Baricentro sezione cls omogeneizzata
$I_{cls+sol} =$	mm ⁴	1,316E+12	1,010E+12	1,010E+12	1,010E+12	Inerzia sezione cls + soletta
$I^*_{cls+sol} =$	mm ⁴	1,318E+12	1,012E+12	1,015E+12	1,015E+12	Inerzia sezione cls omogeneizzata
$H_{sez,tr+sol} =$	mm	2.450	2.450	2.450	2.450	Altezza sezione trave + soletta
$\gamma_{sup, sol} =$	mm	1.332	1.268	1.282	1.282	distanza del lembo sup. della soletta da $\gamma^*_{G,cls}$
$\gamma_{inf, sol} =$	mm	982	918	932	932	distanza del lembo inf. della soletta da $\gamma^*_{G,cls}$
$\gamma_{sup, trave} =$	mm	982	918	932	932	distanza del lembo sup. della trave da $\gamma^*_{G,cls}$
$\gamma_{inf, trave} =$	mm	1.118	1.182	1.168	1.168	distanza del lembo inf. della trave da $\gamma^*_{G,cls}$
e	mm	548	611	751	751	eccentricità cavo risultante
$W^*_{sup, sol} =$	mmc	9,90E+08	7,98E+08	7,92E+08	7,92E+08	Modulo di res. Lembo sup. soletta
$W^*_{inf, sol} =$	mmc	1,34E+09	1,10E+09	1,09E+09	1,09E+09	Modulo di res. Lembo inf. soletta
$W^*_{sup, trave} =$	mmc	1,34E+09	1,10E+09	1,09E+09	1,09E+09	Modulo di res. Lembo sup. trave
$W^*_{inf, trave} =$	mmc	1,18E+09	8,57E+08	8,69E+08	8,69E+08	Modulo di res. Lembo inf. trave
$E_p =$	MPa	195.000	195.000	195.000	195.000	Modulo elastico di progetto acciaio da prec.

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	64 di 117

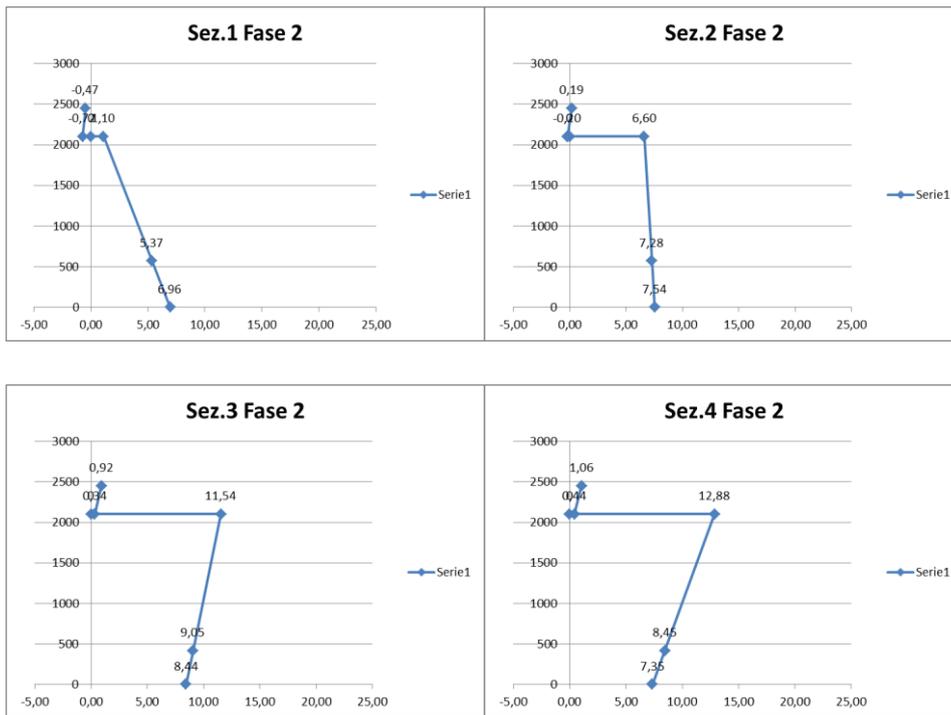
Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0,75	2,55	8,35	12,15	
$\Delta\sigma_{c,sup, Sol} =$	MPa	0,003	-0,176	-0,500	-0,564	Variazione di tensione Lembo sup. soletta
$\Delta\sigma_{c,inf, Sol} =$	MPa	0,002	-0,082	-0,233	-0,263	Variazione di tensione Lembo inf. soletta
$\Delta\sigma_{c,sup, Trave} =$	MPa	-0,005	0,430	1,297	1,463	Variazione di tensione Lembo sup. trave
$\Delta\sigma_{c,inf, Trave} =$	MPa	0,002	-0,154	-0,483	-0,545	Variazione di tensione Lembo inf. trave
$\Delta\sigma_{c,yGp} =$	MPa	0,000	0,005	-0,130	-0,146	Variazione di tensione fibra corrisp. al cavo
$\Delta\sigma_{pi,v} =$	MPa	-0,001	-0,025	0,697	0,786	Variazione di tensione nel cavo
Tensioni totali di Fase 2 a cadute avvenute						
$\Delta\sigma_{c,sup, Sol} =$	MPa	-0,475	0,185	0,921	1,064	Variazione di tensione Lembo sup. soletta
$\Delta\sigma_{c,inf, Sol} =$	MPa	-0,718	-0,201	0,336	0,440	Variazione di tensione Lembo inf. soletta
$\Delta\sigma_{c,sup, Trave} =$	MPa	1,094	2,087	3,686	3,995	Variazione di tensione Lembo sup. trave
$\Delta\sigma_{c,inf, Trave} =$	MPa	-0,445	-1,452	-3,422	-3,809	Variazione di tensione Lembo inf. trave
$\Delta\sigma_{c,yGp} =$	MPa	-0,027	-0,491	-2,011	-2,259	Variazione di tensione fibra corrisp. al cavo
$\Delta\sigma_{pi,v} =$	MPa	0,144	2,638	10,806	12,142	Variazione di tensione nel cavo
Tensioni totali a cadute avvenute						
$\sigma_{c,sup, Sol} =$	MPa	-0,47	0,19	0,92	1,06	tensione Lembo sup. soletta
$\sigma_{c,inf, Sol} =$	MPa	-0,72	-0,20	0,34	0,44	tensione Lembo inf. soletta
$\sigma_{c,sup, Trave} =$	MPa	1,10	6,60	11,54	12,88	tensione Lembo sup. trave
$\sigma_{c,inf, Trave} =$	MPa	6,96	7,54	8,44	7,35	tensione Lembo inf. trave
$\sigma_{c,yGp} =$	MPa	5,37	7,28	9,05	8,45	tensione fibra corrisp. al cavo
$\sigma_p =$	MPa	671,14	1360,86	1351,34	1354,61	tensione nel cavo
test ^{cls} sup.soletta	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma_c^* < 0,4 \times f_{ck} ?$
test ^{cls} inf.soletta	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma_c^* < 0,4 \times f_{ck} ?$
test cls sup.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma_c^* < 0,4 \times f_{ck} ?$

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	65 di 117

Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0,75	2,55	8,35	12,15	
test cls inf.compr.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$
test cls inf.trazione	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_{c_t} > 0 ?$
test precompr.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_p < \sigma_{p0,max} ?$

Si riportano di seguito gli andamenti delle tensioni al termine della fase 2.



Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	66 di 117

8.2.7 Fase 3

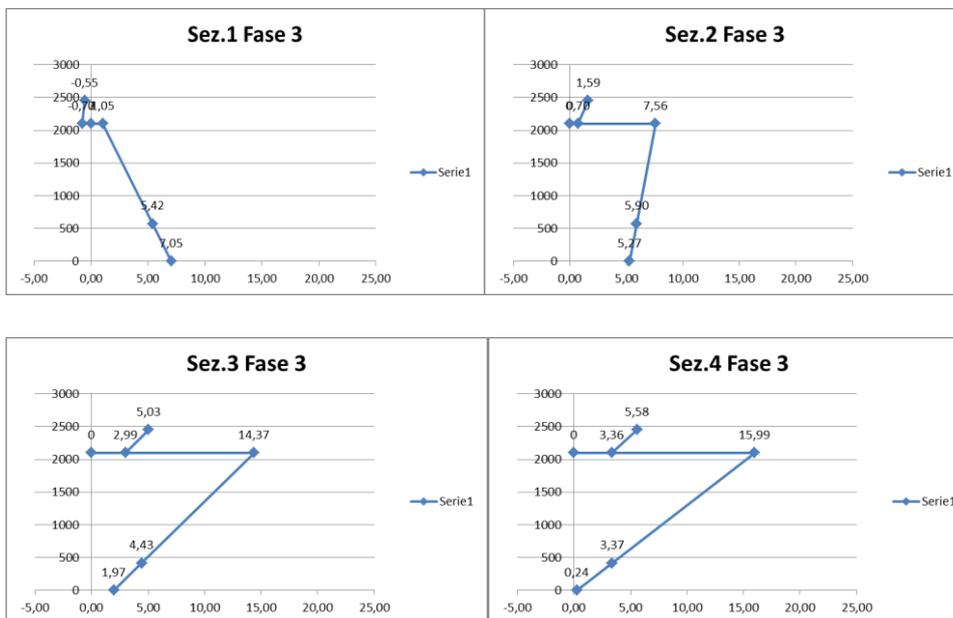
Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0,75	2,55	8,35	12,15	
Sollecitazioni di fase 3						
Ψ_2	-	1,00	1,00	1,00	1,00	Coeff. di combinazione carico variabile
M_Q	[kN-m]	-132	2276	6693	7354	Momento dovuto ai carichi variabili - L=L _{appoggi}
$M_{\text{Permanenti}}$	[kN-m]	0	0	0	0	Momento dovuto ai carichi permanenti
Tensioni totali di Fase 3						
$\Delta\sigma_{c,\text{sup}, \text{Sol}} =$	MPa	-0,07	1,41	4,11	4,52	Variazione di tensione Lembo sup. soletta
$\Delta\sigma_{c,\text{inf}, \text{Sol}} =$	MPa	-0,05	0,90	2,66	2,92	Variazione di tensione Lembo inf. soletta
$\Delta\sigma_{c,\text{sup}, \text{Trave}} =$	MPa	-0,05	0,96	2,83	3,11	Variazione di tensione Lembo sup. trave
$\Delta\sigma_{c,\text{inf}, \text{Trave}} =$	MPa	0,09	-2,26	-6,47	-7,10	Variazione di tensione Lembo inf. trave
$\Delta\sigma_{c,yGp} =$	MPa	0,05	-1,39	-4,62	-5,08	Variazione di tensione fibra corrisp. al cavo
$\Delta\sigma_p =$	MPa	-0,28	7,45	24,83	27,28	Variazione di tensione nel cavo
Tensioni totali						
$\sigma_{c,\text{sup}, \text{Sol}} =$	MPa	-0,55	1,59	5,03	5,58	tensione Lembo sup. soletta
$\sigma_{c,\text{inf}, \text{Sol}} =$	MPa	-0,77	0,70	2,99	3,36	tensione Lembo inf. soletta
$\sigma_{c,\text{sup}, \text{Trave}} =$	MPa	1,05	7,56	14,37	15,99	tensione Lembo sup. trave
$\sigma_{c,\text{inf}, \text{Trave}} =$	MPa	7,05	5,27	1,97	0,24	tensione Lembo inf. trave
$\sigma_{c,yGp} =$	MPa	5,42	5,90	4,43	3,37	tensione fibra corrisp. al cavo
$\sigma_p =$	MPa	670,86	1368,31	1376,17	1381,89	tensione nel cavo
test cls sup.soletta	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$
test cls inf.soletta	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$
test cls sup.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$
test cls inf.compr.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$
test cls inf.trazione	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c > 0 ?$

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	67 di 117

Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0,75	2,55	8,35	12,15	
test precompr.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma_p^* < \sigma_{p0,max} ?$

Si riportano di seguito gli andamenti delle tensioni al termine della fase 3.



8.3 Verifiche a fessurazione

Le combinazioni SLE Frequenti presentano sollecitazioni inferiori a quelle delle combinazioni Rare analizzate nelle verifiche tensionali sopra riportate.

Secondo il §4.1.2.2.4.1 delle Norme Tecniche lo stato limite di formazione delle fessure si ha quando la tensione massima di trazione della sezione supera

$$\frac{f_{ctm}}{1.2} = 3.16 \text{ MPa}$$

Si ha quindi che le combinazioni frequenti non portano mai alla formazione di fessure in quanto già nelle combinazioni RARE la tensione massima non supera il valore sopra riportato.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO												
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>02</td> <td>D 09 CL</td> <td>VI 00 07 001</td> <td>B</td> <td>68 di 117</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	68 di 117
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	68 di 117								

9 EFFETTI GLOBALI SU IMPALCATO – VERIFICHE AGLI SLU

Si riporta di seguito la verifica allo SLU per presso-flessione retta della sezione 4 (mezzeria) della trave composta di bordo, che è risultata la più sollecitata.

Si omettono per sintesi i risultati delle verifiche condotte considerando le fasi intermedie di costruzione.

Si riporta inoltre la verifica a taglio con le sollecitazioni di taglio massime (zona di appoggio) dedotta dai modelli di calcolo. A vantaggio di sicurezza è stata considerata comunque la sezione resistente corrispondente alla sezione corrente.

9.1 Sollecitazioni a pressoflessione

Si riportano di seguito le sollecitazioni riscontrate nella sezione di verifica, dovute ai carichi elementari precedentemente descritti.

Fase 1 – peso proprio e getto della soletta

$$M = (M_{pp} + M_{soletta}) \times \gamma = (2051 + 2847) \times 1.35 = 6612.3 \text{ kN-m}$$

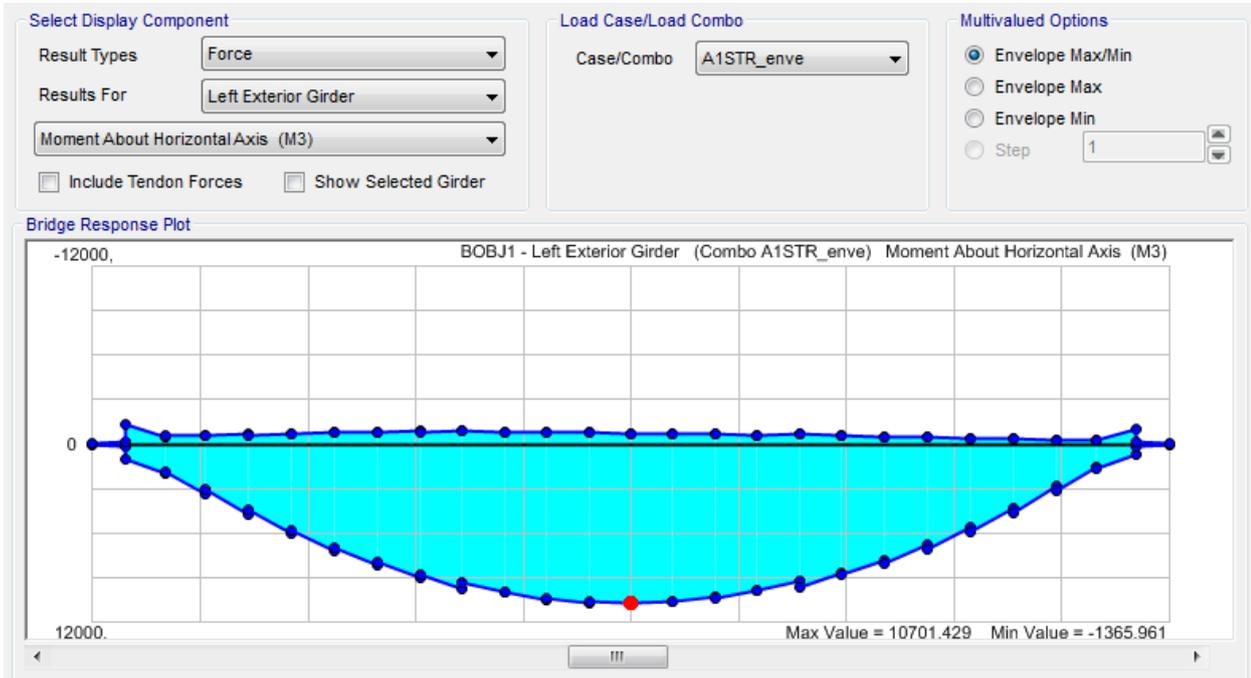
$$N = 0$$

Fase 2 e 3 – carichi permanenti portati e di esercizio

Di seguito si riporta il diagramma delle sollecitazioni relative ai carichi applicati in 3a fase.

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	69 di 117



 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</p> <p>II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO</p>					
<p><i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i></p>	<p>COMMESSA IF0H</p>	<p>LOTTO 02</p>	<p>CODIFICA D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO VI 00 07 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 70 di 117</p>

$$M = M_{perm} \times \gamma_{perm} + M_{rit} \times \gamma_{rit} + M_{res,pass.} \times \gamma_{res,pass} + M_{es,SLU} = 2955 \times 1.5 + 1218 \times 1.2 + 365 \times 1.49 \times 1.5 + 11701 = 18411 \text{ kN}$$

$$N = N_{perm} \times \gamma_{perm} + M_{rit} \times \gamma_{rit} + N_{res,pass.} \times \gamma_{res,pass} + N_{es,SLU} = 0 + 1497 \times 1.2 - 365 \times 1.5 - 1951 = -702 \text{ kN}$$

Alle sollecitazioni appena calcolate devono essere sommati gli effetti della precompressione, considerata come carico esterno, al netto delle perdite di precompressione totali. Tali sollecitazioni sono valutate di seguito.

$$N_{prec} = \sigma_p \times A_p = 1354.6 \times 10008 / 1000 = 13557 \text{ kN}$$

$$M_{prec} = N_{prec} \times e_p = -13557 \times (0.92 - 0.42) = -6779 \text{ kN-m}$$

Di seguito si valutano momento e sforzo assiale complessivo nella condizione più gravosa.

$$M_{E,d} = 18411 - 6779 = 11632 \text{ kN-m}$$

$$N_{E,d} = 13557 - 702 = 12855 \text{ kN}$$

9.2 Verifiche di resistenza

Si riportano di seguito le verifiche tensionali previste per gli SLU.

Il dominio di resistenza della sezione deve essere tracciato tenendo conto della tensione presente nei trefoli indipendentemente dall'applicazione dei carichi. Operativamente si adotta un legame costitutivo fittizio di tipo elastico-perfettamente plastico, nel quale la soglia di snervamento ($\Delta\sigma$) è pari alla differenza tra la soglia di snervamento prevista dalla normativa ($f_{p0,1k}/\gamma$) e la tensione iniziale nei cavi (σ_p). Analogamente, la deformazione residua utile ($\Delta\epsilon_p$) sarà pari alla deformazione ultima di progetto ($\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$) ridotta della deformazione iniziale nei cavi dovuta al tesaggio (ϵ_{p0}). Partendo da tali ipotesi ed assegnando ad ogni materiale il corrispondente legame costitutivo è stato valutato l'andamento del dominio di resistenza nel piano N-M.

*Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	71 di 117

9.2.1 Materiali

Calcestruzzo Trave

Classe

$R_{ck} =$	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c =$	1,5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$\alpha_{ce} =$	0,85		coeff. rid. Per carichi di lunga durata (1;0,85)
$f_{cd} =$	25,5	MPa	resistenza di progetto
$E_{cm} =$	36283	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,2		Coefficiente di Poisson
$\epsilon_{c2} =$	0,20%		per classi inferiori a C50/60
$\epsilon_{cu2} =$	0,35%		per classi inferiori a C50/60
n	2		coeff. per legame $\sigma_c - \epsilon_c$

Calcestruzzo Soletta

Classe

$R_{ck} =$	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c =$	1,5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$\alpha_{ce} =$	0,85		coeff. rid. Per carichi di lunga durata (1;0,85)
$f_{cd} =$	18	MPa	resistenza di progetto
$E_{cm} =$	33346	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,2		Coefficiente di Poisson
$\epsilon_{c2} =$	0,20%		per classi inferiori a C50/60
$\epsilon_{cu2} =$	0,35%		per classi inferiori a C50/60
n	2		coeff. per legame $\sigma_c - \epsilon_c$

Acciaio

B450C

$f_{yk} \geq$	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
---------------	-----	-----	--

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	72 di 117

$f_{tk} \geq$	540	MPa	tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k \geq$	1,15		
$(f_t/f_y)_k <$	1,35		
$\gamma_s =$	1,15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} =$	391,3	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	200000	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0,20%		deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50%		deformazione caratteristica ultima

Acciaio da precompressione

Trefoli

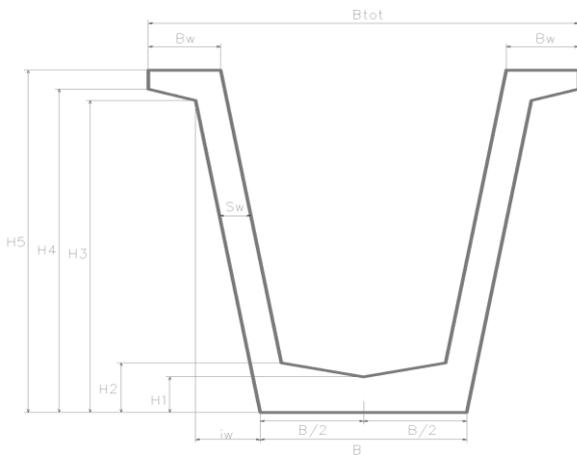
$f_{pk} \geq$	1860	MPa	tensione caratteristica di rottura
$f_{p(0,1)k} \geq$	1674	MPa	tensione caratteristica allo 0,1% di def. Residua
$f_{p(1)k} \geq$	1670	MPa	tensione caratteristica allo 1% di def. Totale
Allung. x carico max.	3,50%		
$E_p =$	195000	MPa	Modulo elastico di progetto
$\gamma_s =$	1,15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{ypd} =$	1456	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$f_{ptd} =$	1617	MPa	tensione caratteristica di rottura
$\epsilon_{ypd} = f_{ypd} / E_p$	0,75%		deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$	3,15%		deformazione caratteristica ultima

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	73 di 117

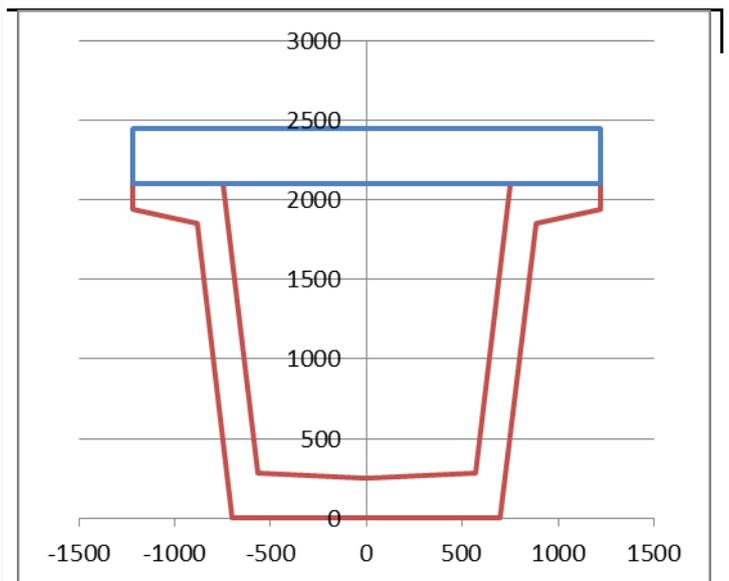
9.2.2 Dati geometrici sezione

In riferimento al seguente schema, si riportano le caratteristiche geometriche della sezione.



Dati geometrici della sezione

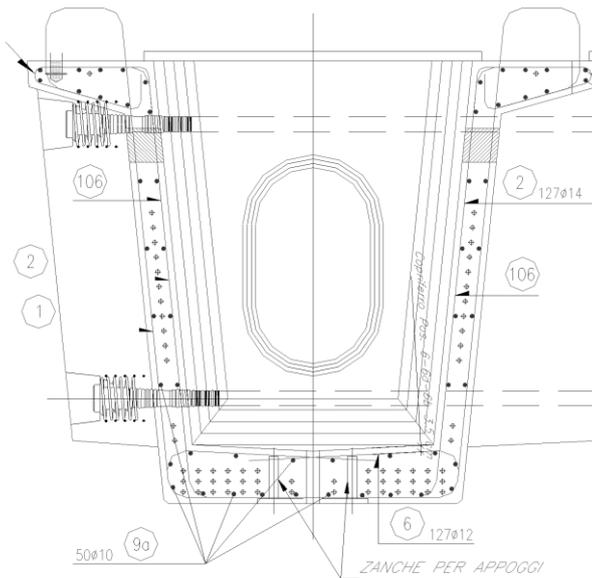
B =	1400	mm
B _{tot} =	2440	mm
S _w =	160	mm
B _w =	470	mm
l _w =	185	mm
H ₁ =	250	mm
H ₂ =	280	mm
H ₃ =	1850	mm
H ₄ =	1940	mm
H ₅ =	2100	mm
n =	0,92	-
B _{soletta} =	2440	mm
S _{soletta} =	350	mm



Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	74 di 117

Nella verifica si è tenuto conto anche della presenza di armatura lenta, in riferimento allo schema seguente.

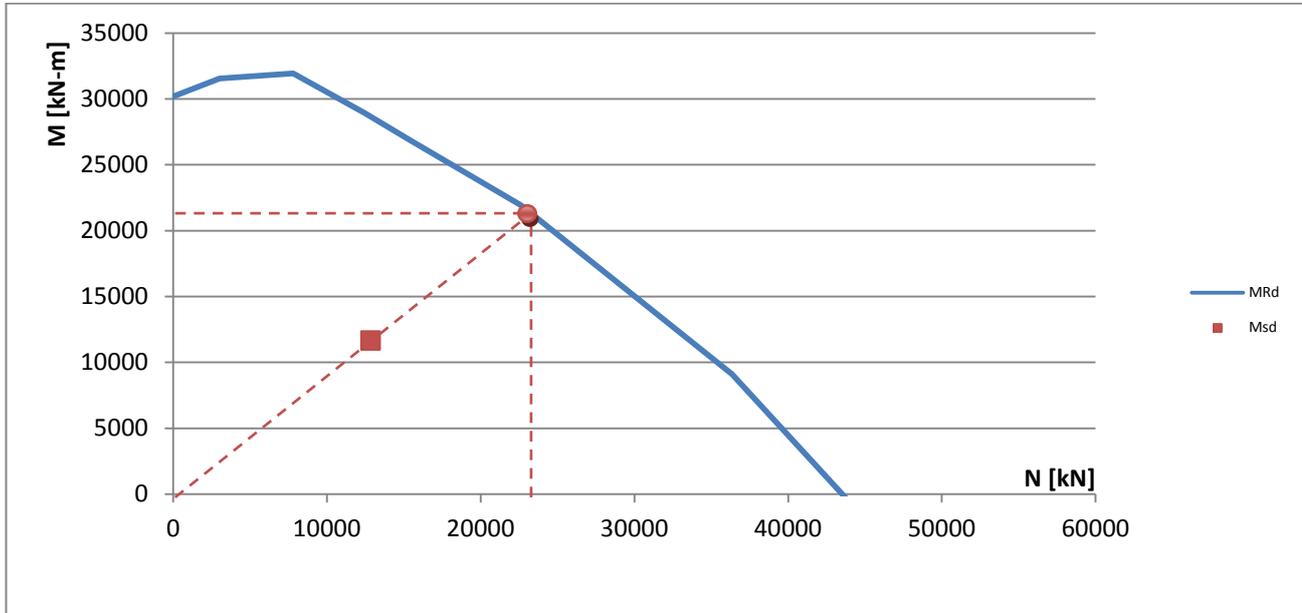


9.2.3 Calcolo

$\epsilon_{ypd} = f_{pd} / E_p$	0,75%		Deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$	3,15%		Deformazione di progetto ultima
$\epsilon_{p0} =$	0,69%		Deformazione iniziale nei cavi
$\sigma_p =$	1354,61	MPa	Tensione iniziale nei cavi
$E_p =$	195000	MPa	Modulo elastico cavi
$\Delta\epsilon_p =$	2,46%		Deformazione residua utile

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

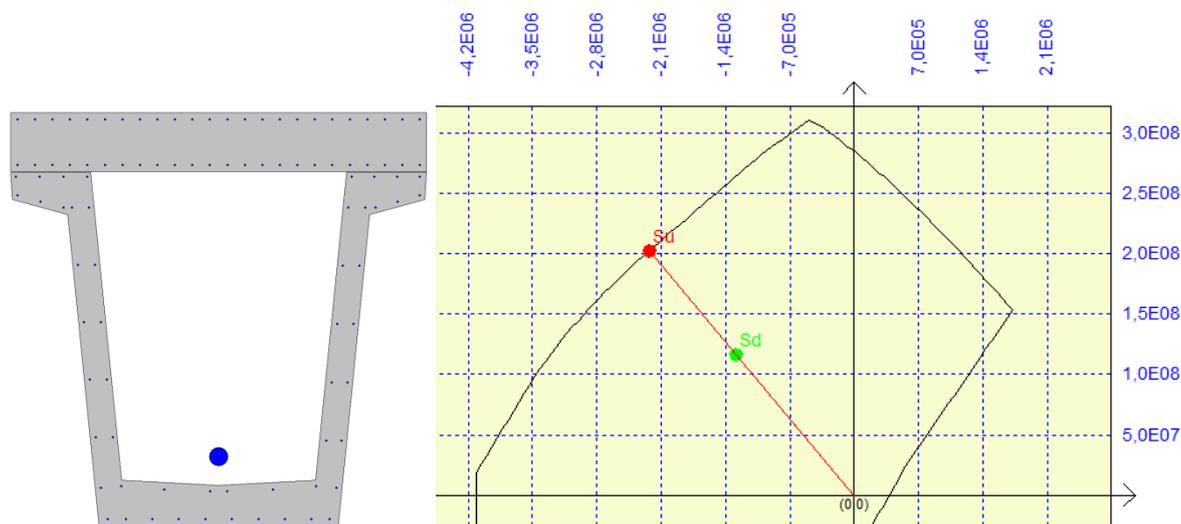
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	75 di 117



Per valutare l'approccio di calcolo adottato, il dominio di resistenza è stato tracciato anche con l'ausilio del software di calcolo *PresFle ver.5.21*, nel quale oltre alla geometria della sezione composta è stato definito il legame costitutivo dei cavi in analogia a quanto precedentemente descritto. Per semplicità l'armatura di precompressione è stata definita come cavo risultante.

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	76 di 117



9.3 Sollecitazioni a taglio

Si riportano di seguito le sollecitazioni riscontrate nella sezione di verifica, dovute ai carichi elementari precedentemente descritti.

Fase 1 – peso proprio e getto della soletta

$$V = (V_{pp} + V_{soletta}) \times \gamma = (349+502) \times 1.35 = 1149 \text{ kN}$$

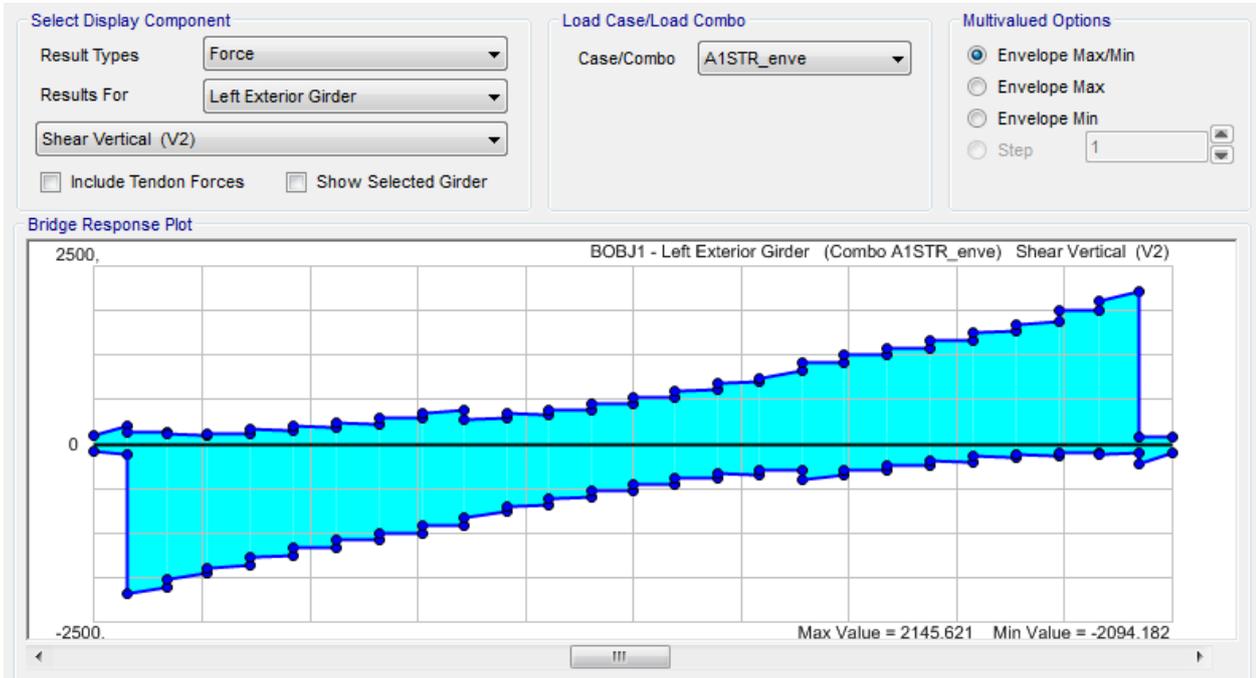
$$N = 0$$

Fase 2 e 3 – carichi permanenti portati e di esercizio

Di seguito si riporta il diagramma delle sollecitazioni relative ai carichi applicati in 3a fase.

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	77 di 117



Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	78 di 117

$$V = V_{perm} \times \gamma_{perm} + V_{es,SLU} = 471 \times 1.5 + 2146 = 2853 \text{ kN}$$

$$N = N_{perm} \times \gamma_{perm} + M_{rit} \times \gamma_{rit} + N_{res.pass.} \times \gamma_{res.pass.} + N_{es,SLU} = 0 + 1497 \times 1.2 - 365 \times 1.5 - 1951 = -702 \text{ kN}$$

Alle sollecitazioni appena calcolate devono essere sommati gli effetti della precompressione, considerata come carico esterno, al netto delle perdite di precompressione totali. Tali sollecitazioni sono valutate di seguito.

$$N_{prec} = \sigma_p \times A_p = 1354.6 \times 10008 / 1000 = 13557 \text{ kN}$$

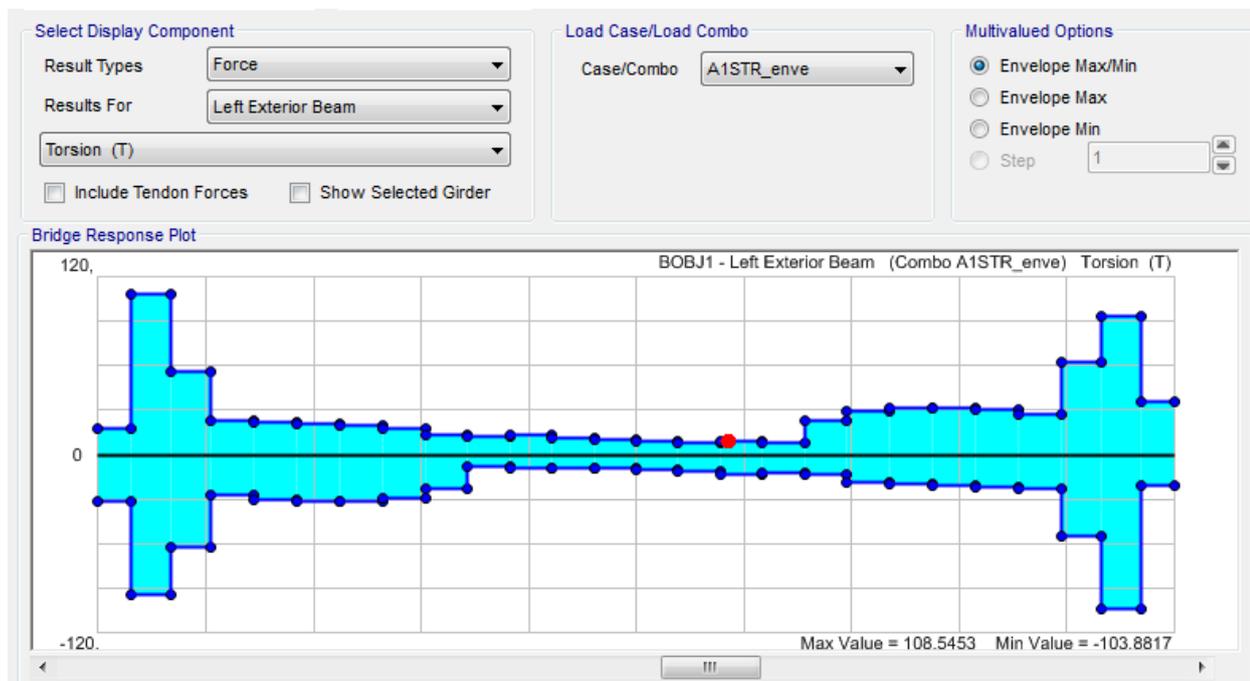
$$M_{prec} = N_{prec} \times e_p = -13557 \times (0.92 - 0.42) = -6779 \text{ kN-m}$$

Di seguito si valutano momento e sforzo assiale complessivo nella condizione più gravosa.

$$M_{E,d} = 18411 - 6779 = 11632 \text{ kN-m}$$

$$N_{E,d} = 13557 - 702 = 12855 \text{ kN}$$

Di seguito si riporta il diagramma di involucro delle sollecitazioni di torsione agente sulla trave di bordo, considerata nella verifica di taglio/torsione.



Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	79 di 117

9.4 Verifiche di resistenza

Si riportano di seguito le verifiche previste per gli SLU.

Verifica a taglio

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (parag. 4.1.2.1.3.2 DM2008)

Calcestruzzo

R_{ck}	55	N/mm ²	Resistenza cubica
f_{ck}	45,65	N/mm ²	Resistenza cilindrica
γ_c	1,5		coeff. Parziale di sicurezza cls
α_{cc}	0,85		
f_{cd}	25,9	N/mm ²	
f'_{cd}	12,9	N/mm ²	$0,5 \times f_{cd}$

Acciaio

f_{yk}	450	N/mm ²	tensione caratteristica di snervamento
γ_s	1,15		coeff. Parziale di sicurezza acciaio
f_{yd}	391,3	N/mm ²	tensione di snervamento di progetto

Sezione

h	2450	mm	altezza sezione
c	50	mm	copriferro
$d = h - c$	2400	mm	altezza utile sezione
b_w	320	mm	larghezza minima sezione
A_c	784000	mm ²	area lorda cls

Armatura

Φ	14	mm	Diametro armatura trasv.
n	4		numero bracci armatura
A_{sw}	616	mm ²	Area armatura trasv.
s	125	mm	interasse armature trasv.
α	90	°	inclinazione armatura trasv. rispetto all'asse

Sollecitazioni

N	13557	kN	sforzo compressione >0
V_{Sd}	2853	kN	Taglio sollecitante

Verifica

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	80 di 117

σ_{cp}	17,29	N/mm ²	tensione media di compr.
α_c	0,83		coeff. maggiorativo per sforzo assiale
sen α	1,000		
ctg α	0,000		
θ	45,0	°	inclinazione puntoni cls rispetto all'asse
ctg θ	1,000		1 < ctg θ < 2,5
V_{Rcd}	3704,94	kN	Resistenza per "taglio compressione"
V_{Rsd}	4163,43	kN	Resistenza per "taglio trazione"
V_{Rd}	3704,94	kN	Resistenza a taglio SLU

Verifica a torsione

VERIFICA A TORSIONE (parag. 4.1.2.1.4 DM2008)

Calcestruzzo

R_{ck}	55,00	N/mm ²	Resistenza cubica
f_{ck}	45,65	N/mm ²	Resistenza cilindrica
γ_c	1,5		coeff. Parziale di sicurezza cls
α_{cc}	0,85		
f_{cd}	25,87	N/mm ²	
f'_{cd}	12,93	N/mm ²	0,5 x f_{cd}

Acciaio

f_{yk}	450	N/mm ²	tensione caratteristica di snervamento
γ_s	1,15		coeff. Parziale di sicurezza acciaio
f_{yd}	391,3	N/mm ²	tensione di snervamento di progetto

Sezione

h	2450	mm	altezza sezione
c	50	mm	copriferro
d = h - c	2400	mm	altezza utile sezione
b_w	1425	mm	larghezza minima sezione
A_c	3491250	mm ²	area lorda cls
u	7750	mm	perimetro sezione lorda
2 x c	100	mm	
A_c / u	450	mm	
t_{cava}	160	mm	sp. sezione cava (=0 per sezione piena)
t	160	mm	spessore sezione cava per calcolo T_{Rdc}
A	3113750	mm ²	area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	81 di 117

u* 7110 mm perimetro medio del nucleo resistente

Armatura Trasversale (Staffe)

Φ	14	mm	Diametro armatura trasv.
n	2		numero bracci armatura (sempre =1)
A _{sw}	308	mmq	Area armatura trasv.
s	125	mm	interasse armature trasv.
α	90	°	inclinazione armatura trasv. rispetto all'asse

Armatura Longitudinale

Φ ₁	10	mm	Diametro armatura long. Tipo 1
n ₁	70	-	numero barre armatura Tipo 1
Φ ₂	0	mm	Diametro armatura long. Tipo 2
n ₂	0	-	numero barre armatura Tipo 2
ΣA _{sl}	5498	mmq	Area complessiva armatura long.

Sollecitazioni

T_{Sd} 154 kNm Momento torcente sollecitante

Verifica

θ	45,0	°	inclinazione puntoni cls rispetto all'asse
ctg θ	1,000		0,4 < ctg θ < 2,5
T _{Rcd}	6443,80	kNm	Resistenza a torsione - calcestruzzo
T _{Rsd}	6001,80	kNm	Resistenza a torsione - staffe
T _{Rslid}	1884,23	kNm	Resistenza a torsione - arm. Long.
T _R	1884,23	kNm	Resistenza a torsione SLU

Verifica a taglio-torsione

I riferimento alle sollecitazione ed alle resistenze precedentemente calcolate, si riporta la verifica a taglio-torsione prevista dalla normativa (punto b del par. 4.1.2.1.4 del D.M. 14/01/2008).

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rcd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rcd}} = \frac{109}{1884} + \frac{2853}{3705} = 0.83 \leq 1$$

La verifica è soddisfatta.

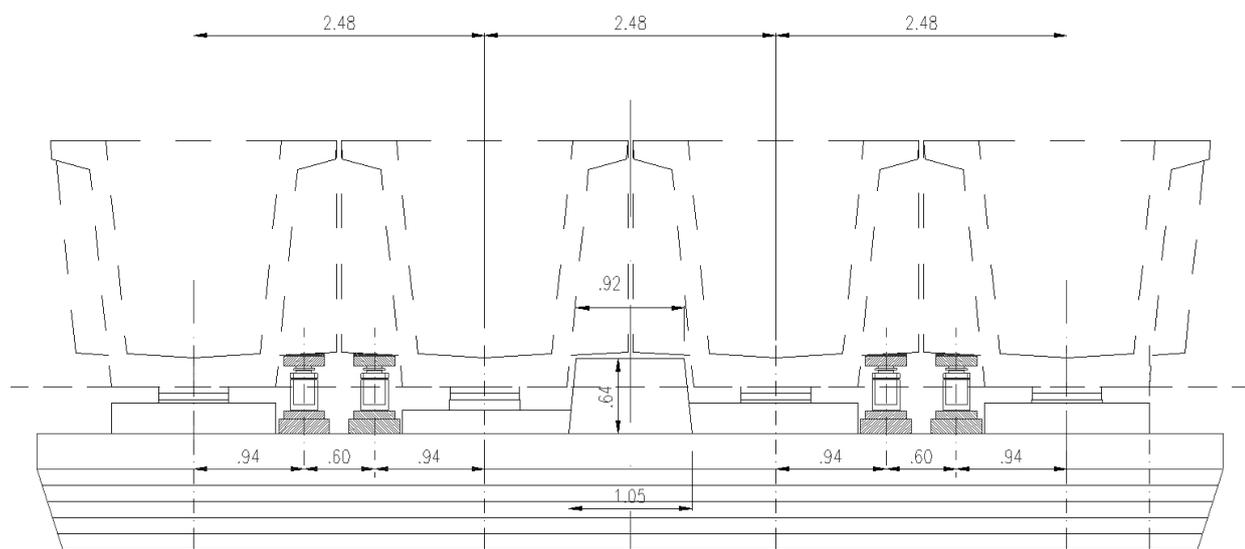
Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	82 di 117

10 TRAVERSI – VERIFICHE TENSIONALI AGLI SLE

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza per i traversi. Si considera solamente il traverso di testata, nella condizione di sollevamento che è la più gravosa per questo elemento strutturale. Tale scenario è stato considerato come condizione eccezionale.

Per le analisi delle sollecitazioni si considera il seguente schema di posizionamento dei martinetti di sollevamento.



Si riportano di seguito le caratteristiche principali del traverso:

Altezza: 1.81m

Spessore soletta: 0.35 m

Spessore: 0.35 m

Precompressione superiore: 1 cavo da 9 trefoli da 0.6”

Distanza cavo superiore da estradosso traverso: 0.3 m

Precompressione inferiore: 1 cavo da 7 trefoli da 0.6”

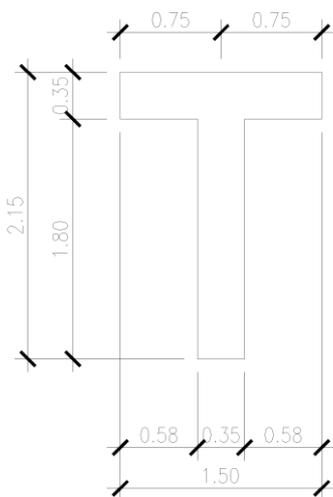
Distanza cavo inferiore da estradosso traverso: 1.6 m

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
	<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B

Si riportano di seguito le verifiche relative alle seguenti fasi:

- ✓ T=0
- ✓ T=∞
- ✓ Esercizio

Nelle fasi T=0 e T=∞ si considera la sola porzione del traverso composta dal prefabbricato. In esercizio si considera anche il contributo della soletta. Nella figura seguente è riportata la geometria della sezione considerata in fase di esercizio. La verifica della sezione di traverso forata non viene considerata in fase di esercizio, in quanto lo scenario di progetto (sollevamento con martinetti) comporta sollecitazioni non significative nelle zone interne alle travi in c.a.p.



Verifica Traverso T=0

Geometria

$A_{\text{sez.piena}}$	630000	mmq	area sezione piena
W_{sup}	189.000.000	mmc	modulo di resistenza superiore
W_{inf}	189.000.000	mmc	modulo di resistenza inferiore
$A_{\text{sez.cava}}$	287000	mmq	area sezione cava
W_{sup}	170.134.639	mmc	modulo di resistenza superiore

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	84 di 117

W_{inf} 141.260.163 mmc modulo di resistenza inferiore

σ_{p0} 1300 MPa tensione cavi

$A_{trefoli}$ 139 mmq area trefolo

$n_{trefoli,sup}$ 9 - numero trefoli cavo sup

$n_{trefoli,inf}$ 7 - numero trefoli cavo inf

$A_{cavo,sup}$ 1251 mmq Area cavo sup

$A_{cavo,inf}$ 973 mmq Area cavo inf

$N_{cavo,sup}$ 1626,3 kN tiro cavo sup

$N_{cavo,inf}$ 1264,9 kN tiro cavo inf

$e_{cavo,sup}$ 610 mm eccentricità cavo sup (>0)

$e_{cavo,inf}$ -710 mm eccentricità cavo inf (<0)

Sollecitazioni a T=0

N 2891,2 kN N di precompressione totale

M 93,964 kN-m M di precompressione totale

M_{est} 0 kN-m M di precompressione esterno

Tensioni a T=0

sezione piena

$\sigma_{co,sup}$ 5,09 MPa tensione lembo sup.

$\sigma_{co,inf}$ 4,09 MPa tensione lembo inf.

sezione cava

$\sigma_{co,sup}$ 10,74 MPa tensione lembo sup.

$\sigma_{co,inf}$ 9,52 MPa tensione lembo inf.

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	85 di 117

Verifica Traverso T=00

Geometria

$A_{\text{sez.piena}}$	630000	mmq	area sezione piena
W_{sup}	189.000.000	mmc	modulo di resistenza superiore
W_{inf}	189.000.000	mmc	modulo di resistenza inferiore
$A_{\text{sez.cava}}$	287000	mmq	area sezione cava
W_{sup}	170.134.639	mmc	modulo di resistenza superiore
W_{inf}	141.260.163	mmc	modulo di resistenza inferiore
σ_{p0}	1105	MPa	tensione cavi
A_{trefoli}	139	mmq	area trefolo
$n_{\text{trefoli,sup}}$	9	-	numero trefoli cavo sup
$n_{\text{trefoli,inf}}$	7	-	numero trefoli cavo inf
$A_{\text{cavo,sup}}$	1251	mmq	Area cavo sup
$A_{\text{cavo,inf}}$	973	mmq	Area cavo inf
$N_{\text{cavo,sup}}$	1382,355	kN	tiro cavo sup
$N_{\text{cavo,inf}}$	1075,165	kN	tiro cavo inf
$e_{\text{cavo,sup}}$	610	mm	eccentricità cavo sup (>0)
$e_{\text{cavo,inf}}$	-710	mm	eccentricità cavo inf (<0)

Sollecitazioni a T= ∞

N	2457,52	kN	N di precompressione totale
M	79,8694	kN-m	M di precompressione totale
M_{est}	0	kN-m	M di precompressione esterno

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	86 di 117

Tensioni a $T=\infty$

sezione piena

$\sigma_{co,sup}$	4,32	MPa	tensione lembo sup.
$\sigma_{co,inf}$	3,48	MPa	tensione lembo inf.

sezione cava

$\sigma_{co,sup}$	9,13	MPa	tensione lembo sup.
$\sigma_{co,inf}$	8,09	MPa	tensione lembo inf.

Verifica Traverso M_{est}

Geometria

$A_{sez.piena}$	1.155.000	mmq	area sezione piena
$W_{sup,sol}$	665.440.210	mmc	
W_{sup}	1.232.116.788	mmc	modulo di resistenza superiore
W_{inf}	364.578.834	mmc	modulo di resistenza inferiore

Sollecitazioni a $T=0$

N	0	kN	N di precompressione totale
M	0	kN-m	M di precompressione totale
M_{est}	-2312	kN-m	M di precompressione esterno

Tensioni

sezione piena

$\sigma_{co,sup,sol}$	-3,47	MPa	tensione lembo sup.soletta
$\sigma_{co,sup}$	-1,88	MPa	tensione lembo sup.
$\sigma_{co,inf}$	6,34	MPa	tensione lembo inf.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</p> <p>II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO</p>					
<p><i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i></p>	<p>COMMESSA IF0H</p>	<p>LOTTO 02</p>	<p>CODIFICA D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO VI 00 07 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 87 di 117</p>

Le tensioni totali sono le seguenti.

$$\sigma_{\text{co,sup,sol}} = -3.47 \text{ MPa} \quad (\text{trazione})$$

$$\sigma_{\text{co,sup}} = 4.32 - 1.88 = 2.44 \text{ MPa} \quad (\text{compressione})$$

$$\sigma_{\text{co,inf}} = 8.09 - 6.34 = 14.43 \text{ MPa} \quad (\text{compressione})$$

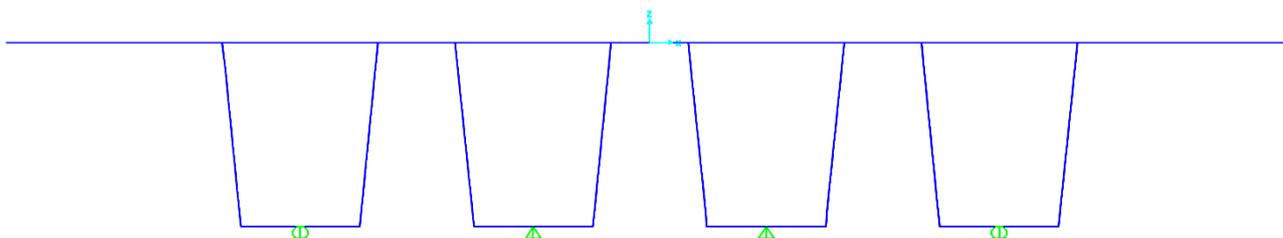
Le verifiche risultano soddisfatte.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 88 di 117

11 EFFETTI LOCALI SULL'IMPALCATO – MODELLO TRASVERSALE

La valutazione degli effetti locali prodotti dalle azioni di progetto è stata effettuata mediante un modello a telaio, riferito ad una striscia di impalcato avente larghezza pari a 1 m. Il modello riproduce la geometria e la rigidità degli elementi che costituiscono l'impalcato nella sua sezione corrente. Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo.

Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo.



11.1 Analisi dei carichi

Per l'analisi dei carichi elementari si rimanda al capitolo 6. Di seguito si riporta l'analisi delle azioni considerate e applicate al modello di calcolo per l'analisi degli effetti locali trasversali sull'impalcato.

11.1.1 Peso proprio (G1)

Il peso proprio delle strutture viene considerato automaticamente dal software di calcolo utilizzato. Il carico delle strutture in c.a. e c.a.p. viene valutato considerando un peso di volume pari a 25 kN/mc.

11.1.2 Massicciata, armamento e impermeabilizzazione

A vantaggio di sicurezza si valuta l'azione sulla soletta di impalcato in riferimento al peso di volume in curva:

$$G_{2,1} = 20.00 \times 0.80 \times 1.0 = 16.00 \text{ kN/m}$$

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 89 di 117

11.1.3 Barriere antirumore

Si considera un carico relativo alle barriere antirumore pari a 4.0 kN/mq. Considerando cautelativamente un'altezza massima di barriera pari a 5.0 m, si ottiene un carico lineare pari a:

$$G_{2,2} = q_{\text{barriere}} = 4.0 \times 5.0 = 20 \text{ kN/m per ogni lato dell'impalcato}$$

Vengono quindi applicate due azioni concentrate pari a 20 kN in posizione corrispondente a ogni barriera.

11.1.4 Canalette portacavi e marciapiedi FFP o Galleria Equivalente

Lato camminamenti a ridosso dei muretti parballast (sui lati esterni degli stessi) è prevista la presenza di canalette portacavi, nonché la presenza, ove progettualmente prevista, dei marciapiedi per *Fire Fighting Point (FFP)* o per *Galleria Equivalente* 1. Per il peso delle canalette portacavi ed il peso afferente ai marciapiedi FFP o *Galleria Equivalente* (valutato cautelativamente) si assume un carico linearmente distribuito pari a:

$$G_{2,3} = q_{\text{canalette}} = 11.20 \text{ kN/m per ogni lato dell'impalcato}$$

11.1.5 Carichi verticali da traffico

Si considera il treno di carico LM71, che è il carico più gravoso.

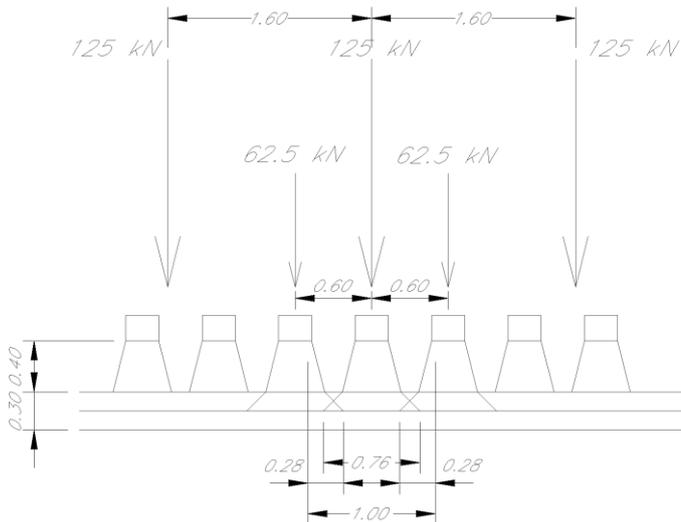
$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1.1 \quad (\text{coefficiente di adattamento})$$

Nella seguente figura è indicata la distribuzione longitudinale dei carichi assiali Q_{vk} nell'ipotesi di ripartizione nel ballast 4:1 e nella soletta 1:1 ipotizzata ad altezza costante e pari a 0.30 m.

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	90 di 117



$$Q'_{vk} = (125 + 62.5 \times 2 \times 0.28 / 0.76) / 1.00 = 171.1 \text{ kN/m}$$

Il carico appena calcolato si ripartisce trasversalmente per una larghezza valutata, a vantaggio di sicurezza, trascurando lo spessore strutturale della soletta. Tale larghezza è pari a 2.60 m. Il carico sul modello è quindi pari a:

$$q_{vk} = 171.1 / 2.60 = 65.8 \text{ kN/mq}$$

Tale valore deve essere amplificato per il fattore α pari a 1.1 .

Sono state considerate tre diverse posizioni del carico, corrispondenti alla posizione centrata e a quelle con massima eccentricità. Di seguito si calcolano le distanze dall'asse del ponte per i tre casi.

$$d_0 = (4.00/2 + 0.06 + 0.08) = 2.14 \text{ m}$$

$$d_1 = (4.00/2) = 2.00 \text{ m}$$

$$d_2 = (4.00/2 - 0.06 - 0.08) = 1.86 \text{ m}$$

con

- 4.00m interasse binari
- 0.06m scostamento in pianta per effetto della curvatura del tracciato e della pendenza del ballast
- 0.08 = s/18 eccentricità treni tipo LM71

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 91 di 117

11.1.6 Carichi sui marciapiedi

Vedi paragrafo 6.3.2.

11.1.7 Forza centrifuga

La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1,80 m al di sopra del P.F.

Considerando il carico tipo 3 del precedente paragrafo 6.3.3 e considerando la stessa legge di ripartizione utilizzata per i carichi verticali concentrati si ottiene la seguente azione orizzontale.

$$q_{vk} = 180^2 / (127 \times 1550) \times 1 \times 171.1 / 2.60 = 10.83 \text{ kN/mq}$$

La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1,80 m al di sopra del P.F.

Considerando un sovrizzo di 0.105 cm e un distanza PF-Estradosso soletta pari a 0.90 m si ottiene la quota di applicazione dell'azione centrifuga rispetto al piano medio della soletta:

$$h_t = 1.80 + (0.30/2) + (0.105/2) + 0.90 = 2.90 \text{ m}$$

Il momento da applicare al modello è pari a

$$M_t = 10.83 \times 2.90 = 31.41 \text{ kN-m/m}$$

Tale momento viene applicato al modello come distribuzione a farfalla di carichi verticali. Le tensioni massime alle estremità della larghezza b di applicazione del carico è calcolata di seguito.

$$q_{max} = 6 \times M_t / (b \times b) = 6 \times 31.41 / (2.60^2) = 27.8 \text{ kN/m}$$

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 92 di 117

11.1.8 Serpeggio

Il valore caratteristico di tale forza è stato assunto pari a $Q_{sk}=100$ kN. Tale valore deve essere moltiplicato per α , ma non per il coefficiente di incremento dinamico. Si considera una larghezza di diffusione pari a 1.96 m.

$$q_{vk} = 100 / 1.96 = \sim 50 \text{ kN/m}$$

La quota di applicazione dell'azione rispetto al piano medio della soletta è pari a:

$$h_t = + (.30/2) + (0.105/2) + 0.90 = 1.10 \text{ m}$$

Il momento da applicare al modello è pari a

$$M_t = 50 \times 1.10 = 55.0 \text{ kN-m/m}$$

Tale momento viene applicato al modello come distribuzione a farfalla di carichi verticali. Le tensioni massime alle estremità della larghezza b di applicazione del carico è calcolata di seguito.

$$q_{max} = 6 \times M_t / (b \times b) = 6 \times 55.0 / (2.60^2) = 48.8 \text{ kN/m}$$

11.1.9 Avviamento e frenatura

Si trascurano gli effetti delle azioni di avviamento e frenatura.

11.1.10 Azioni dinamiche

Vedi paragrafo 6.4.

11.1.11 Azioni dovute al deragliamento

Vedi paragrafo 6.5.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 93 di 117

11.1.12 Azioni climatiche

Vedi paragrafo 6.7.

11.1.13 Vento

Si assume convenzionalmente una pressione uniforme agente lateralmente pari a 2.50 kN/mq.

Vento a struttura scarica

In riferimento allo schema riportato nel paragrafo 6.7.3 si applicano le seguenti azioni sulla struttura.

$$F = 2.50 \times 5.00 = 12.50 \text{ kN/m}$$

$$M = 12.50 \times 5.0 / 2 = 31.25 \text{ kN-m/m}$$

Le azioni sono applicate concentrate nel nodo corrispondente alla posizione della barrier.

Vento a struttura carica

Si applicano le seguenti azioni sulla struttura.

$$F = 2.50 \times 4.00 = 10.0 \text{ kN/m}$$

La quota di applicazione dell'azione rispetto al piano medio della soletta è pari a:

$$h_w = 4.0/2 + (.30/2) + (0.105/2) + 0.90 = 3.10 \text{ m}$$

$$M = 10.0 \times 3.1 = 31.0 \text{ kN-m/m}$$

Tale momento viene applicato al modello come distribuzione a farfalla di carichi verticali. Le tensioni massime alle estremità della larghezza b di applicazione del carico è calcolata di seguito.

$$q_{\max} = 6 \times Mt / (b \times b) = 6 \times 31.0 / (2.60^2) = 27.5 \text{ kN/m}$$

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 94 di 117

11.2 Verifiche SLU

Si riporta di seguito la verifica a pressoflessione retta delle sezioni più significative della soletta superiore.

Le sollecitazioni considerate nelle verifiche si riferiscono all'involuppo delle massime sollecitazioni corrispondenti alle combinazioni di carico previste.

11.2.1 Sezione di incastro dello sbalzo

Verifica a pressoflessione

A forte vantaggio di sicurezza si considerano le sollecitazioni di picco nella sezione di "incastro".

Combinazione A1STR_Fw

$M_{max} = -145 \text{ kN-m/m}$

$N = -18.75 \text{ kN/m}$

Sezione $h=33\text{cm}$

Armatura: $\varnothing 16/25 + \varnothing 20/25$ strato sup. I

$\varnothing 16/25$ strato sup. II

$\varnothing 16/25$ strato inf.

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	95 di 117

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: sezione sbalzo

N° strati barre: 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	33	1	12,57	4,5
			2	8,04	4,5
			3	8,04	9,5
			4	8,04	28

Tipo Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} -18,75 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:
 S.L.U. + S.L.U. -
 Metodo n

Tipo flessione:
 Retta Deviata

Materiali: B450C C32/40

ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 18,13 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 12,25 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,7333
τ_{cl} 2,114

M_{xRd} -267,4 kNm
σ_c -18,13 N/mm²
σ_s 391,3 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 11,65 ‰
d 28,5 cm
x 6,585 w/d 0,231
δ 0,7288

N° rett. 100
L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

$MRd / M_{max} = 1.84 > 1$ verifica soddisfatta

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	96 di 117

Verifica a Taglio

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO (parag. 4.1.2.1.3.1 DM2008)

Sezione

b_w	1000	mm	larghezza minima sezione
h	280	mm	altezza
A_c	280000	mmq	area lorda cls

Calcestruzzo

f_{ck}	32	N/mm ²
γ_c	1,5	
α_{cc}	0,85	
f_{cd}	18,1	N/mm ²

Armatura

c	20	mm	copriferro
$d = h - c$	260	mm	altezza utile sezione
A_s	804	mmq	armatura long.
ρ_1	0,00309317	<0.02	rapporto geom. armat.

Verifica

N	-18,75	kN	
σ_{cp}	-0,1	N/mm ²	$\leq 0,2 \times f_{cd}$
$0,2 \times f_{cd}$	3,6		
k	1,88	<2	
V_{min}	0,30	N/mm ²	
$(V_{min} + 0.15 \sigma_{cp}) \times b_w \times d$	75720	N	
V_{Rd}	123	kN	$> (V_{min} + 0.15 \sigma_{cp}) \times b_w \times d$
V_{Ed}	85	kN	Verificata

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</p> <p>II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO</p>					
<p><i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i></p>	<p>COMMESSA IF0H</p>	<p>LOTTO 02</p>	<p>CODIFICA D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO VI 00 07 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 97 di 117</p>

11.2.2 Sezione di mezzeria (compresa tra le anime del prefabbricato)

Verifica a pressoflessione

A forte vantaggio di sicurezza si trascura il contributo alla resistenza della dalla prefabbricata, puo avendone considerato il peso in fase di determinazione delle sollecitazioni.

Combinazione A1STR_gr1_Tk

$M_{max} = 114 \text{ kN-m/m}$

$N = 97.3 \text{ kN/m}$

Sezione $h=33\text{cm}$

Armatura: $\varnothing 16/25$ strato sup. I

$\varnothing 16/12.5$ strato inf

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	98 di 117

Verifica C.A. S.L.U. - File: soletta - sezione sbalzo

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: sezione sbalzo

N° strati barre: 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	33,5	1	8,04	4,5
			2	8,04	30
			3	8,04	30

Tipo Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Diagramma della sezione sbalzo con barre e punto di applicazione N.

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	-97	0	kN
M _{xEd}	0	0	kNm
M _{yEd}	0	0	

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione:
 Retta Deviata

Materiali: B450C C32/40

ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm²	f_{cd}	18,13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0,7333
		τ_{c1}	2,114

M_{xRd} 165,3 kN m

σ_c -18,13 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 22,43 ‰
d 30 cm
x 4,049 w/d 0,135
 δ 0,7

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

$MRd / M_{max} = 1.45 > 1$ verifica soddisfatta

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	99 di 117

Verifica a Taglio

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO (parag. 4.1.2.1.3.1 DM2008)

Sezione

b_w	1000	mm	larghezza minima sezione
h	330	mm	altezza
A_c	330000	mmq	area lorda cls

Calcestruzzo

f_{ck}	32	N/mm ²
γ_c	1,5	
α_{cc}	0,85	
f_{cd}	18,1	N/mm ²

Armatura

c	35	mm	copriferro
$d = h - c$	295	mm	altezza utile sezione
A_s	804	mmq	armatura long.
ρ_1	0,00272618	<0.02	rapporto geom. armat.

Verifica

N	-97	kN	
σ_{cp}	-0,3	N/mm ²	$\leq 0,2 \times f_{cd}$
$0,2 \times f_{cd}$	3,6		
k	1,82	<2	
V_{min}	0,30	N/mm ²	
$(V_{min} + 0.15 \sigma_{cp}) \times b_w \times d$	74167	N	
V_{Rd}	120	kN	$> (V_{min} + 0.15 \sigma_{cp}) \times b_w \times d$
V_{Ed}	48	kN	Verificata

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 100 di 117

12 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE

12.1 Verifica deformazioni torsionali (sghembo)

La condizione più severa si realizza in corrispondenza della zona di appoggio dell'impalcato, durante il passaggio del convoglio SW/2. Di seguito si riporta la verifica di sghembo, riferita agli abbassamenti massimi riscontrati nella soletta di impalcato. I valori degli abbassamenti massimi, rilevati in nodi posti in posizioni coerenti con quanto prevede la normativa per tale tipo di verifica, sono:

$$\delta_1 = 1.4 \text{ mm}$$

$$\delta_2 = 1.8 \text{ mm}$$

Lo sghembo, amplificato dinamicamente, è pari a:

$$t \cong \Phi_3 \times [(\delta_2 - \delta_1)] = 1.854 \times (1.8 - 1.4) = 0.742 \text{ mm /3m}$$

Il valore di t appena calcolato è inferiore al valore limite previsto dalla normativa e pari a 3.0 mm /3m per il caso $120 < V_{\max} < 200 \text{ km/h}$.

12.2 Verifica stato limite di confort

L'abbassamento massimo per inflessione nel piano verticale dovuto al transito dei convogli è stato valutato sommando l'effetto del treno SW/2 e LM71 (amplificato per $\alpha=1.1$). L'abbassamento massimo si rileva in mezzeria ed è pari a:

$$\delta = 4.15 + 2.2 = 6.35 \text{ mm}$$

Lo spostamento amplificato dinamicamente è pari a:

$$\delta' = 6.35 \times 1.854 = 11.8 \text{ mm}$$

Il valore di δ' appena calcolato è inferiore al valore limite previsto dalla normativa e pari a $L/600 = 22800/600 = 38 \text{ mm}$.

	ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO-VITULANO					
<i>Viadotti ferroviari</i> <i>Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:</i> <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IF0H	LOTTO 02	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 07 001	REV. B	FOGLIO 101 di 117

13 AZIONI SUGLI APPOGGI

Di seguito si riporta la valutazione dei carichi sui dispositivi di appoggio da impiegare per la tipologia di impalcati oggetto del presente documento. Al riguardo si precisa che, per esigenze di carattere funzionale, per tale tipologia di impalcati sono previsti due distinti valori di vita nominale e di classe d'uso. Questa differenziazione, ininfluenza ai fini del dimensionamento degli impalcati, porta invece a differenti valori di azioni sui dispositivi di appoggio, a causa prevalentemente dei differenti valori di azione sismica relativi a differenti periodi di riferimento, come meglio specificato in seguito. I parametri necessari alla valutazione dell'azione sismica sono riferiti al *VI05 – Viadotto Calore Torallo* unicamente nell'ambito del quale è previsto, per il *II° Lotto Funzionale Frasso Telesino-Vitulano*, l'impiego della tipologia di impalcato oggetto del presente documento.

13.1 Valutazione dell'azione sismica per $V_N=75$ anni e $C_u=1.5$ ($V_R=112.5$)

Le campate da *spalla A* a *pila P18* e da *pila P22* a *spalla B* del *VI05 – Viadotto Calore Torallo* appartengono alla classe d'uso III, corrispondente ad un coefficiente d'uso $c_u=1.5$, la vita nominale è pari a $V_N=75$ anni, la categoria di sottosuolo è “C” e la categoria topografica è “T1”.

L'azione sismica è stata calcolata per gli stati limite:

- Stato limite di esercizio: Stato Limite di Danno, SLD
- Stato limite ultimo: Stato Limite di salvaguardia della Vita, SLV

13.1.1 Individuazione della pericolosità del sito e strategia di progettazione

Di seguito si riportano i valori dei parametri spettrali dipendenti dal sito di ogni opera.

*Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	102 di 117

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate
 LONGITUDINE: 14.47400 LATITUDINE: 41.18424

Ricerca per comune
 REGIONE: Piemonte PROVINCIA: Torino COMUNE: Agliè

Elaborazioni grafiche:
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione:
 superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N : 75 info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_u : 1.5 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - T_R : 112.5 info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

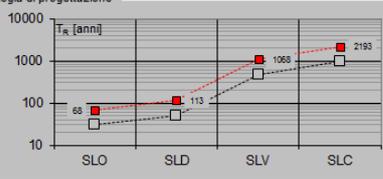
- SLO - $P_{Rk} = 81\%$: 68
- SLD - $P_{Rk} = 63\%$: 113

Stati limite ultimi - SLU

- SLV - $P_{Rk} = 10\%$: 1068
- SLC - $P_{Rk} = 5\%$: 2193

Elaborazioni:
 Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO:
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie
 - - - - - Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

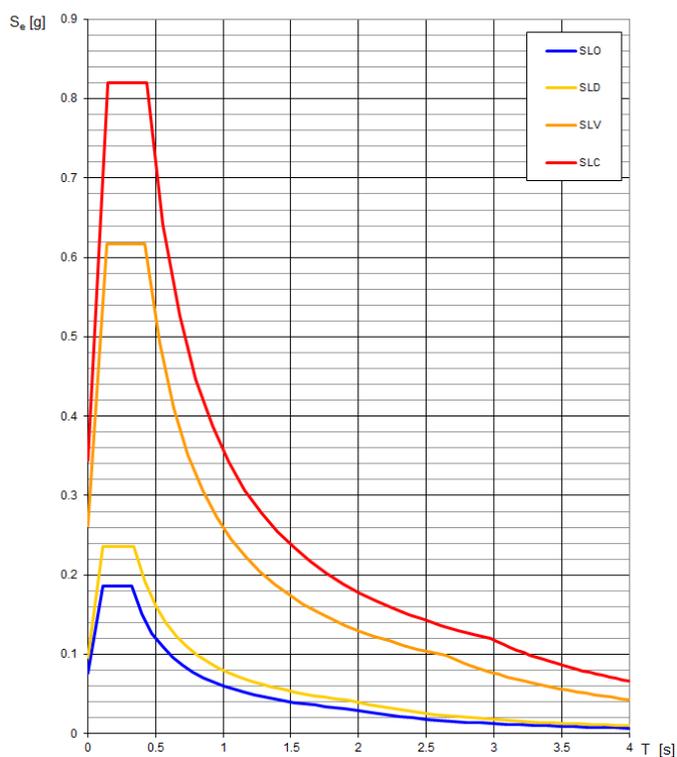
Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno §

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.076	2.435	0.325
SLD	113	0.096	2.450	0.341
SLV	1068	0.262	2.356	0.421
SLC	2193	0.344	2.386	0.435

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	103 di 117

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



13.1.2 Azioni sismiche di progetto

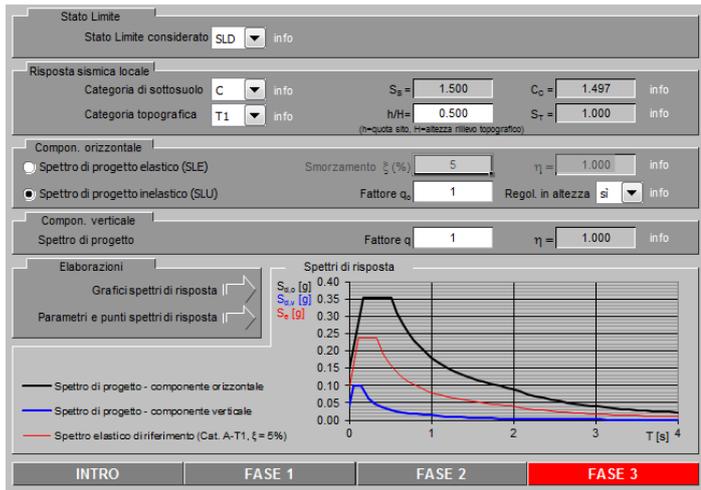
Per la definizione delle azioni, sia allo SLD che allo SLV, è stato considerato un fattore di struttura $q=1$ sia per gli spettri verticali che orizzontali. In relazione alla categoria topografica considerata (T1) si è assunto un coefficiente di amplificazione medio unico e pari a $S_T = 1.0$.

Nella determinazione delle masse sismiche è stata considerato il caso di presenza contemporanea del carico da traffico su entrambi i binari. È stata cautelativamente considerata una massa in direzione longitudinale pari al doppio di quella trasversale. Inoltre, nella valutazione delle azioni sismiche trasversali e longitudinali sono state cautelativamente considerate le accelerazioni di *plateau* degli spettri riportati per i diversi casi.

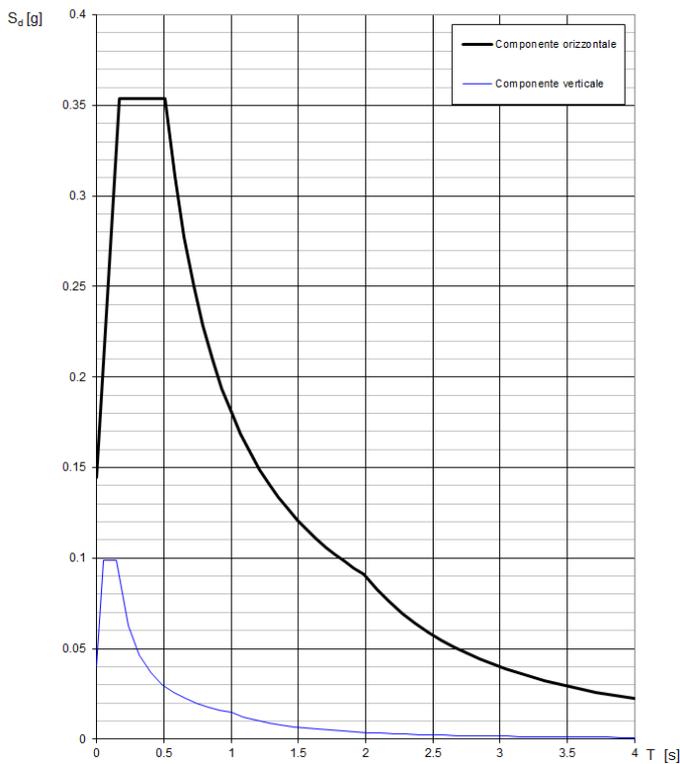
*Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	104 di 117

13.1.2.1 Spettri allo SLD



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	105 di 117

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD

STATO LIMITE	SLD
a _a	0.096 g
F ₀	2.450
T _C	0.341 s
S _B	1.500
C _C	1.497
S _T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti	
S	1.500
η	1.000
T _B	0.170 s
T _C	0.511 s
T _D	1.985 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_B \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = \sqrt{100 / (\zeta + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)
 $T_B = T_C / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)
 $T_C = C_C \cdot T_C^*$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)
 $T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

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

$0 \leq T < T_B \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
 $T_B \leq T < T_C \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$
 $T_C \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$
 $T_D \leq T \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$

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

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.144
0.170	0.354
0.511	0.354
0.581	0.311
0.652	0.277
0.722	0.250
0.792	0.228
0.862	0.210
0.932	0.194
1.002	0.180
1.073	0.168
1.143	0.158
1.213	0.149
1.283	0.141
1.353	0.134
1.423	0.127
1.494	0.121
1.564	0.116
1.634	0.111
1.704	0.106
1.774	0.102
1.844	0.098
1.915	0.094
1.985	0.091
2.081	0.083
2.177	0.076
2.273	0.069
2.369	0.064
2.465	0.059
2.561	0.055
2.656	0.051
2.752	0.047
2.848	0.044
2.944	0.041
3.040	0.039
3.136	0.036
3.232	0.034
3.328	0.032
3.424	0.031
3.520	0.029
3.616	0.027
3.712	0.026
3.808	0.025
3.904	0.024
4.000	0.022

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD

STATO LIMITE	SLD
a _{qv}	0.040 g
S _S	1.000
S _T	1.000
q	1.000
T _B	0.050 s
T _C	0.150 s
T _D	1.000 s

Parametri dipendenti	
F _v	1.026
S	1.000
η	1.000

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_B \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = 1/q$ (NTC-08 §. 3.2.3.5)
 $F_v = 1,35 \cdot F_0 \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$ (NTC-08 Eq. 3.2.11)

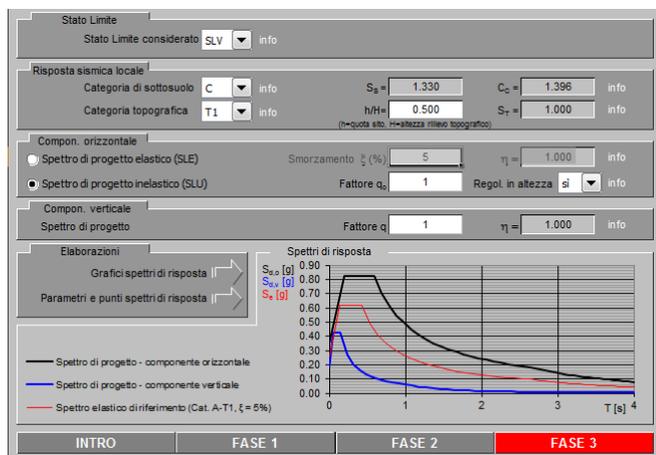
Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$0 \leq T < T_B \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
 $T_B \leq T < T_C \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$
 $T_C \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left(\frac{T_C}{T} \right)$
 $T_D \leq T \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.040
0.050	0.099
0.150	0.099
0.235	0.063
0.320	0.046
0.405	0.037
0.490	0.030
0.575	0.026
0.660	0.022
0.745	0.020
0.830	0.018
0.915	0.016
1.000	0.015
1.094	0.012
1.188	0.010
1.281	0.009
1.375	0.008
1.469	0.007
1.563	0.006
1.656	0.005
1.750	0.005
1.844	0.004
1.938	0.004
2.031	0.004
2.125	0.003
2.219	0.003
2.313	0.003
2.406	0.003
2.500	0.002
2.594	0.002
2.688	0.002
2.781	0.002
2.875	0.002
2.969	0.002
3.063	0.002
3.156	0.001
3.250	0.001
3.344	0.001
3.438	0.001
3.531	0.001
3.625	0.001
3.719	0.001
3.813	0.001
3.906	0.001
4.000	0.001

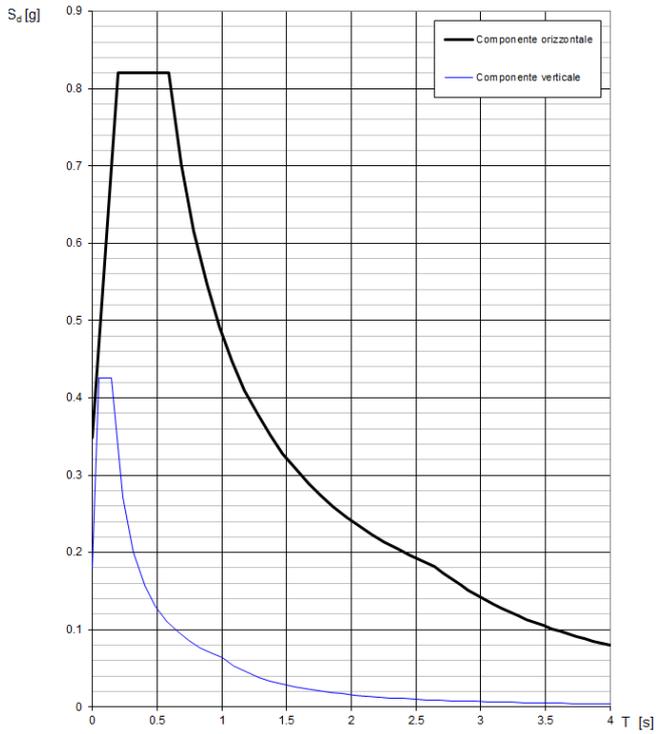
13.1.2.2 Spettri allo SLV



Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	106 di 117

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



Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	107 di 117

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

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.282 g
F_g	2.356
T_C	0.421 s
S_B	1.330
C_C	1.396
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti	
S	1.330
η	1.000
T_B	0.196 s
T_C	0.588 s
T_D	2.647 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_g$$

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S_d [g]
0.000	0.348
0.196	0.820
0.588	0.820
0.687	0.703
0.785	0.615
0.883	0.547
0.981	0.492
1.079	0.447
1.177	0.410
1.275	0.379
1.373	0.352
1.471	0.328
1.569	0.308
1.667	0.290
1.765	0.273
1.863	0.259
1.961	0.246
2.059	0.234
2.157	0.224
2.255	0.214
2.353	0.205
2.451	0.197
2.549	0.189
2.647	0.182
2.711	0.174
2.776	0.166
2.840	0.158
2.905	0.151
2.969	0.145
3.034	0.139
3.098	0.133
3.162	0.128
3.227	0.123
3.291	0.118
3.356	0.113
3.420	0.109
3.485	0.105
3.549	0.101
3.613	0.098
3.678	0.094
3.742	0.091
3.807	0.088
3.871	0.085
3.936	0.082
4.000	0.080

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.181 g
S_B	1.000
S_T	1.000
q	1.000
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti	
F_v	1.627
S	1.000
η	1.000

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S_d [g]
0.000	0.181
0.050	0.428
0.150	0.428
0.235	0.272
0.320	0.200
0.405	0.158
0.490	0.130
0.575	0.111
0.660	0.097
0.745	0.086
0.830	0.077
0.915	0.070
1.000	0.064
1.094	0.059
1.188	0.045
1.281	0.039
1.375	0.034
1.469	0.030
1.563	0.026
1.656	0.023
1.750	0.021
1.844	0.019
1.938	0.017
2.031	0.015
2.125	0.014
2.219	0.013
2.313	0.012
2.406	0.011
2.500	0.010
2.594	0.009
2.688	0.009
2.781	0.008
2.875	0.008
2.969	0.007
3.063	0.007
3.156	0.006
3.250	0.006
3.344	0.006
3.438	0.005
3.531	0.005
3.625	0.005
3.719	0.005
3.813	0.004
3.906	0.004
4.000	0.004

13.2 Valutazione dell'azione sismica per $V_N=100$ anni e $C_u=2.0$ ($V_R=200$)

Le campate da pila P19 e da pila P21 del VI05 – Viadotto Calore Torallo appartengono alla classe d'uso IV, corrispondente ad un coefficiente d'uso $c_u=2.0$, la vita nominale è pari a $V_N=100$ anni, la categoria di sottosuolo è "C" e la categoria topografica è "T1".

L'azione sismica è stata calcolata per gli stati limite:

- Stato limite di esercizio: Stato Limite di Danno, SLD
- Stato limite ultimo: Stato Limite di salvaguardia della Vita, SLV

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	108 di 117

13.2.1 Individuazione della pericolosità del sito e strategia di progettazione

Di seguito si riportano i valori dei parametri spettrali dipendenti dal sito di ogni opera

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="120"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="201"/>

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1898"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- ...■... Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

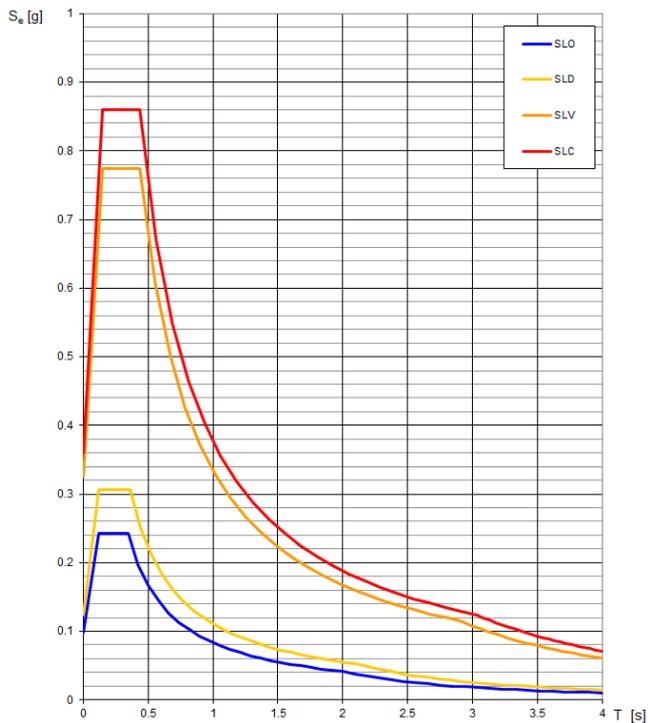
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno ξ

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.099	2.453	0.344
SLD	201	0.125	2.445	0.362
SLV	1898	0.325	2.380	0.432
SLC	2475	0.360	2.391	0.437

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	109 di 117

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



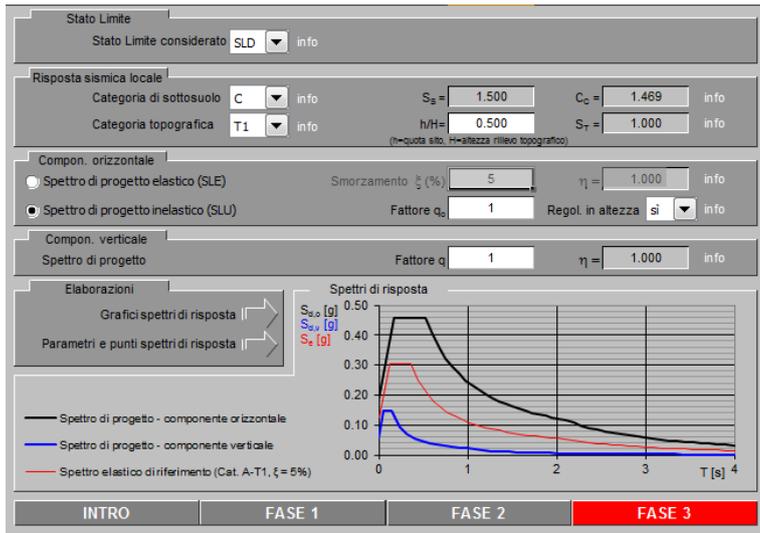
13.2.2 Azioni sismiche di progetto

Per la definizione delle azioni, sia allo SLD che allo SLV, è stato considerato un fattore di struttura $q=1$ sia per gli spettri verticali che orizzontali. In relazione alla categoria topografica considerata (T1) si è assunto un coefficiente di amplificazione medio unico e pari a $S_T = 1.0$.

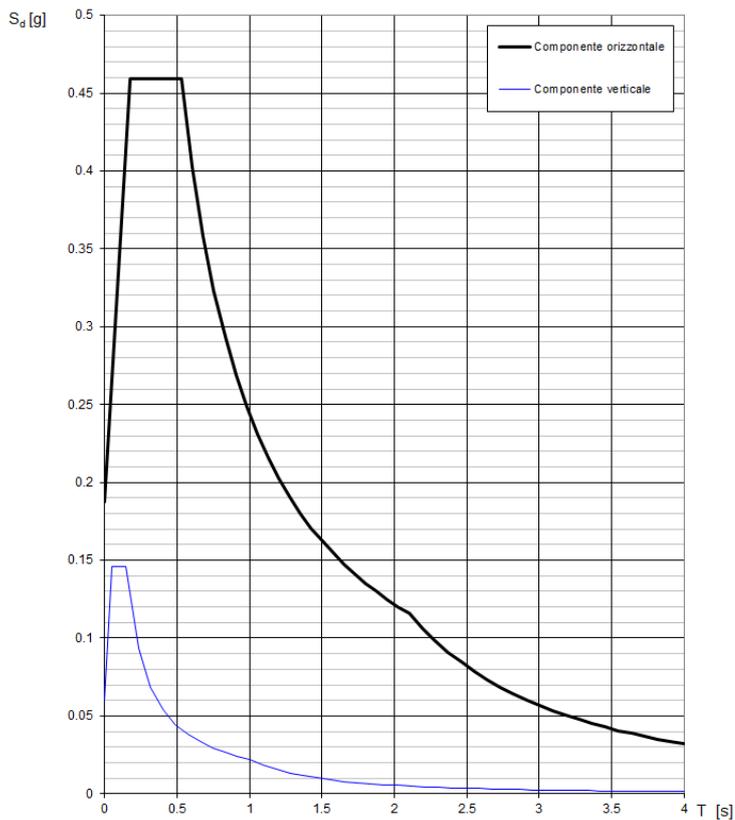
*Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo*

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	110 di 117

13.2.2.1 Spettri allo SLD



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	111 di 117

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.125 g
F_g	2.445
T_C	0.362 s
S_B	1.500
C_C	1.469
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti	
S	1.500
η	1.000
T_B	0.177 s
T_C	0.531 s
T_D	2.101 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_g \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0.55; \eta = 1 / q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6, §. 3.2.3.5)
 $T_B = T_C / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)
 $T_C = C_C \cdot T_C^*$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)
 $T_D = 4 \cdot 0 \cdot a_g / g + 1,6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

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

$0 \leq T < T_B$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_g \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_g} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
 $T_B \leq T < T_C$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_g$
 $T_C \leq T < T_D$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_g \left(\frac{T_C}{T} \right)$
 $T_D \leq T$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_g \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$

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

Punti dello spettro di risposta	
T [s]	S _e [g]
0.000	0.188
0.177	0.459
0.531	0.459
0.606	0.403
0.681	0.358
0.755	0.323
0.830	0.294
0.905	0.270
0.980	0.249
1.054	0.231
1.129	0.216
1.204	0.203
1.279	0.191
1.353	0.180
1.428	0.171
1.503	0.162
1.578	0.155
1.652	0.148
1.727	0.141
1.802	0.135
1.877	0.130
1.951	0.125
2.026	0.120
2.101	0.116
2.191	0.107
2.282	0.098
2.372	0.091
2.463	0.084
2.553	0.079
2.643	0.073
2.734	0.069
2.824	0.064
2.915	0.060
3.005	0.057
3.096	0.053
3.186	0.050
3.277	0.048
3.367	0.045
3.457	0.043
3.548	0.041
3.638	0.039
3.729	0.037
3.819	0.035
3.910	0.034
4.000	0.032

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD

STATO LIMITE	SLD
$a_{g,v}$	0.060 g
S_B	1.000
S_T	1.000
q	1.000
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti	
F_v	1.168
S	1.000
η	1.000

Espressioni dei parametri dipendenti

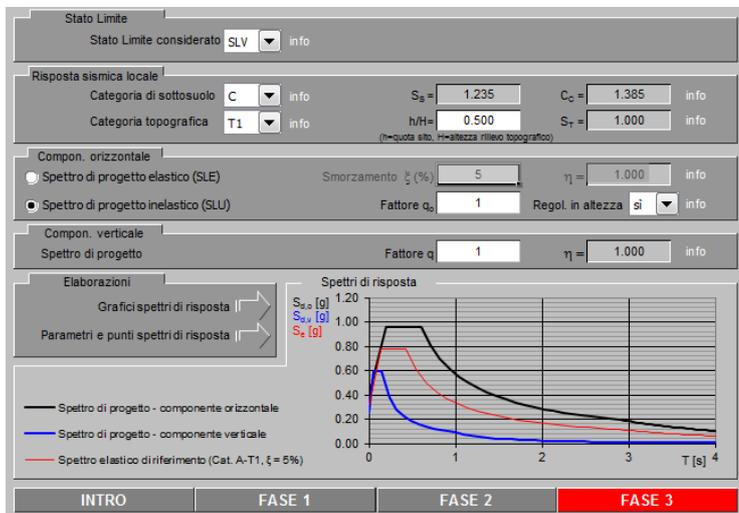
$S = S_g \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = 1 / q$ (NTC-08 §. 3.2.3.5)
 $F_v = 1,35 \cdot F_g \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$ (NTC-08 Eq. 3.2.11)

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

$0 \leq T < T_B$ $S_d(T) = a_{g,v} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
 $T_B \leq T < T_C$ $S_d(T) = a_{g,v} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$
 $T_C \leq T < T_D$ $S_d(T) = a_{g,v} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left(\frac{T_C}{T} \right)$
 $T_D \leq T$ $S_d(T) = a_{g,v} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$

Punti dello spettro di risposta	
T [s]	S _e [g]
0.000	0.060
0.050	0.146
0.150	0.146
0.235	0.093
0.320	0.069
0.405	0.054
0.490	0.045
0.575	0.038
0.660	0.033
0.745	0.029
0.830	0.026
0.915	0.024
1.000	0.022
1.094	0.018
1.188	0.016
1.281	0.013
1.375	0.012
1.469	0.010
1.563	0.009
1.656	0.008
1.750	0.007
1.844	0.006
1.938	0.006
2.031	0.005
2.125	0.005
2.219	0.004
2.313	0.004
2.406	0.004
2.500	0.004
2.594	0.003
2.688	0.003
2.781	0.003
2.875	0.003
2.969	0.002
3.063	0.002
3.156	0.002
3.250	0.002
3.344	0.002
3.438	0.002
3.531	0.002
3.625	0.002
3.719	0.002
3.813	0.002
3.906	0.001
4.000	0.001

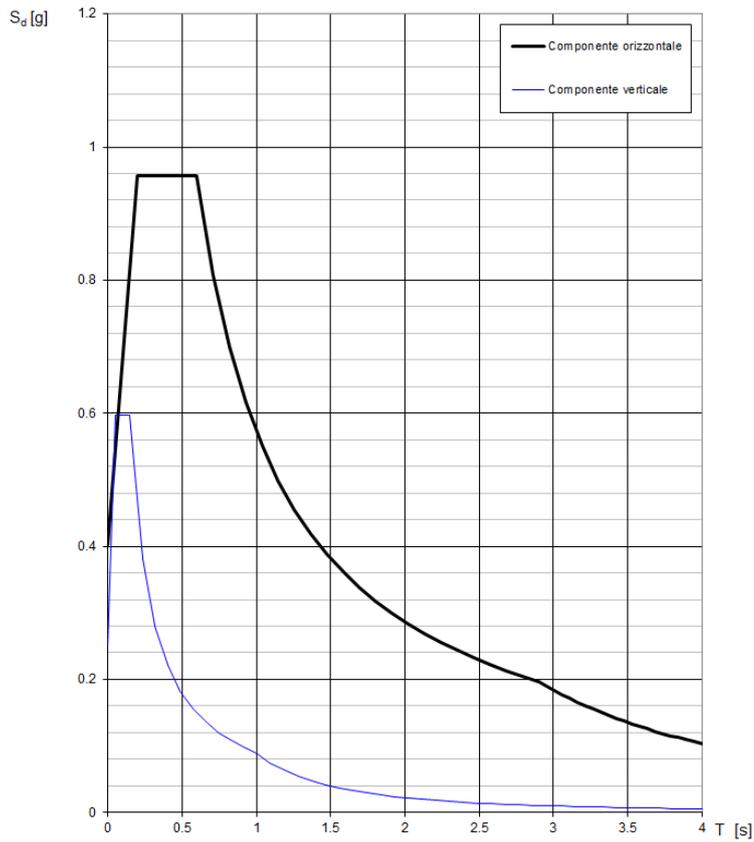
13.2.2.2 Spettri allo SLV



Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	112 di 117

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



Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario;
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	113 di 117

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

STATO LIMITE	SLV
a _{av}	0.325 g
F _s	2.380
T _C	0.432 s
S _S	1.235
C _C	1.385
S _T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti	
S	1.235
η	1.000
T _B	0.199 s
T _C	0.598 s
T _D	2.902 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (3 + \frac{1}{q})} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S _e [g]
0.000	0.402
0.199	0.957
0.598	0.957
0.708	0.808
0.818	0.700
0.927	0.617
1.037	0.552
1.147	0.499
1.256	0.456
1.366	0.419
1.476	0.388
1.585	0.361
1.695	0.338
1.805	0.317
1.914	0.299
2.024	0.283
2.134	0.268
2.243	0.255
2.353	0.243
2.463	0.232
2.573	0.223
2.682	0.213
2.792	0.205
2.902	0.197
2.954	0.190
3.006	0.184
3.058	0.178
3.111	0.172
3.163	0.166
3.215	0.161
3.268	0.156
3.320	0.151
3.372	0.146
3.425	0.142
3.477	0.137
3.529	0.133
3.582	0.129
3.634	0.126
3.686	0.122
3.738	0.119
3.791	0.116
3.843	0.112
3.895	0.109
3.948	0.107
4.000	0.104

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV

STATO LIMITE	SLV
a _{av}	0.251 g
S _S	1.000
S _T	1.000
q	1.000
T _B	0.050 s
T _C	0.150 s
T _D	1.000 s

Parametri dipendenti	
F _v	1.833
S	1.000
η	1.000

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S _e [g]
0.000	0.251
0.050	0.596
0.150	0.596
0.235	0.381
0.320	0.280
0.405	0.221
0.490	0.183
0.575	0.156
0.660	0.136
0.745	0.120
0.830	0.108
0.915	0.098
1.000	0.089
1.094	0.075
1.188	0.063
1.281	0.054
1.375	0.047
1.469	0.041
1.563	0.037
1.656	0.033
1.750	0.029
1.844	0.026
1.938	0.024
2.031	0.022
2.125	0.020
2.219	0.018
2.313	0.017
2.406	0.015
2.500	0.014
2.594	0.013
2.688	0.012
2.781	0.012
2.875	0.011
2.969	0.010
3.063	0.010
3.156	0.009
3.250	0.008
3.344	0.008
3.438	0.008
3.531	0.007
3.625	0.007
3.719	0.006
3.813	0.006
3.906	0.006
4.000	0.006

13.3 Valutazione dell'azione sugli appoggi

Nel seguito si riepilogano i valori delle azioni sugli appoggi per effetto dei carichi descritti in precedenza. Ove opportuno, i valori delle singole azioni elementari sono state arrotondate per eccesso, a partire dai valori di calcolo derivati dagli scenari di carico considerati.

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	114 di 117

13.3.1 Appoggi per impalcati con $V_N=75$ anni e $C_u=1.5$ ($V_R=112.5$)

Si riportano di seguito le azioni complessive su una fila di appoggi.

Carico	R_z	$R_{Long.}$	$R_{Trasv.}$	$M_{Trasv.}$
-	kN	kN	kN	kN-m
Peso proprio	3500	0	0	0
Permanenti non strutturali (incluso ballast)	2200	0	0	0
Vento	0	0	240	912
Resistenza passiva dei vincoli	0	365	0	0
Sismica Long. ($1,0x E_x + 0,3x E_y + 0,3x E_z$)	1434	13528	2029	4528
Sismica Trasv. ($0,3x E_x + 1,0x E_y + 0,3x E_z$)	1434	4058	6764	15094
Sismica Vert. ($0,3x E_x + 0,3x E_y + 1,0x E_z$)	4781	4058	2029	4528
gr1 _{LM71,av v iam}	2108	413	355	5833
gr1 _{LM71,f ren}	2085	250	355	5787
gr3 _{LM71,av v iam}	2166	825	178	5141
gr3 _{LM71,f ren}	2120	500	178	5049
gr1 _{SW/2,av v iam}	2318	413	300	5973
gr1 _{SW/2,f ren}	2322	438	300	5980
gr3 _{SW/2,av v iam}	2376	825	150	5421
gr3 _{SW/2,f ren}	2383	875	150	5435
(M-)gr1 _{LM71,av v iam}	2108	413	355	-2367
(M-)gr1 _{LM71,f ren}	2085	250	355	-2413
(M-)gr3 _{LM71,av v iam}	2166	825	178	-3059
(M-)gr3 _{LM71,f ren}	2120	500	178	-3151
(M-)gr1 _{SW/2,av v iam}	2318	413	300	-3067
(M-)gr1 _{SW/2,f ren}	2322	438	300	-3060
(M-)gr3 _{SW/2,av v iam}	2376	825	150	-3619
(M-)gr3 _{SW/2,f ren}	2383	875	150	-3605

Viadotti ferroviari
Impalcato in c.a.p. $L=25m$ ($L_c=22.80m$) doppio binario:
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	02	D 09 CL	VI 00 07 001	B	116 di 117

13.3.2 Appoggi per impalcati con $V_N=100$ anni e $C_u=2.0$ ($V_R=200$)

Si riportano di seguito le azioni complessive su una fila di appoggi.

Carico	R_z	$R_{Long.}$	$R_{Trasv.}$	$M_{Trasv.}$
-	kN	kN	kN	kN-m
Peso proprio	3500	0	0	0
Permanenti non strutturali (incluso ballast)	2200	0	0	0
Vento	0	0	240	912
Resistenza passiva dei vincoli	0	365	0	0
Sismica Long. ($1,0x E_x+0,3x E_y+0,3x E_z$)	1178	12606	1891	4220
Sismica Trasv. ($0,3x E_x+1,0x E_y+0,3x E_z$)	1178	3782	6303	14065
Sismica Vert. ($0,3x E_x+0,3x E_y+1,0x E_z$)	3925	3782	1891	4220
gr1 _{LM71,avviam}	2108	413	355	5833
gr1 _{LM71,fren}	2085	250	355	5787
gr3 _{LM71,avviam}	2166	825	178	5141
gr3 _{LM71,fren}	2120	500	178	5049
gr1 _{SW/2,avviam}	2318	413	300	5973
gr1 _{SW/2,fren}	2322	438	300	5980
gr3 _{SW/2,avviam}	2376	825	150	5421
gr3 _{SW/2,fren}	2383	875	150	5435
(M-)gr1 _{LM71,avviam}	2108	413	355	-2367
(M-)gr1 _{LM71,fren}	2085	250	355	-2413
(M-)gr3 _{LM71,avviam}	2166	825	178	-3059
(M-)gr3 _{LM71,fren}	2120	500	178	-3151
(M-)gr1 _{SW/2,avviam}	2318	413	300	-3067
(M-)gr1 _{SW/2,fren}	2322	438	300	-3060
(M-)gr3 _{SW/2,avviam}	2376	825	150	-3619
(M-)gr3 _{SW/2,fren}	2383	875	150	-3605

