

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	Prof. Ing. MARCO PETRANGELI	Ing. PIETRO MAZZOLI Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO-FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI

PONTI E VIADOTTI DI LINEA

Elaborati tipologici Ponti e Viadotti ferroviari
Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno-binario-struttura

APPALTATORE		SCALA:
11/07/2018		-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I F 1 N	0 1	E	Z Z	C L	V I 0 0 0 0	0 0 1	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	L. Gasperoni	11/07/2018	M. Petrangeli	11/07/2018	P.Mazzoli	11/07/2018	M. Petrangeli
								11/07/2018

File:IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.00.0.0.001.A.docx	n. Elab.:
--	-----------

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno-binario-struttura	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0000 001</td> <td>A</td> <td>2 di 22</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	2 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	2 di 22								

Indice

INDICE.....	2
1 GENERALITA'	3
2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	3
3 INTERAZIONE STATICA TRENO – BINARIO – STRUTTURA	4
3.1 MODELLAZIONE	4
3.2 VI 04.....	6
3.2.1 IMPALCATO DA 25M	8
3.2.2 IMPALCATO DA 43M	9
3.2.3 SOTTOSTRUTTURE.....	11
3.2.4 ANALISI.....	12
3.2.5 CONCLUSIONI.....	14
3.3 VI 06.....	15
3.3.1 IMPALCATO DA 25M	17
3.3.2 IMPALCATO DA 34M	17
3.3.3 SOTTOSTRUTTURE.....	18
3.3.4 ANALISI.....	20
3.3.5 CONCLUSIONI.....	22

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno- binario-struttura	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0000 001</td> <td>A</td> <td>3 di 22</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	3 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	3 di 22								

1 GENERALITA'

Nei casi in cui si abbia *continuità delle rotaie* tra il ponte ed il rilevato a tergo delle spalle, ad una o ad entrambe le estremità del ponte (ipotesi di assenza, ad uno o ad entrambi gli estremi del ponte, di apparecchi di dilatazione del binario), si dovrà tenere conto degli effetti di interazione tra binario e struttura che inducono forze longitudinali nella rotaia e nella sottostruttura del ponte (sistemi fondazione - pila - apparecchio di appoggio, fondazione - spalla - apparecchio di appoggio) e scorrimenti longitudinali tra binario e impalcato che interessano il mezzo di collegamento (ballast e/o attacco).

Nel caso in cui il viadotto in esame abbia caratteristiche tali da rispettare le condizioni proposte nell'Allegato3 del DM-2008 è consentito l'utilizzo del metodo semplificato per il calcolo degli effetti dell'interazione. In caso contrario è opportuno effettuare analisi al passo tenendo conto delle non linearità del problema.

Per la tratta di progetto, vengono analizzati due casi: i viadotti VI04 e VI06. Le singularità in essi presenti (morfologiche, geometriche e meccaniche) ben rappresentano tutti i casi di "non regolarità" ovvero "non applicabilità" del metodo semplificato.

Si dimostra garantita la sicurezza in esercizio della lunga rotaia saldata per questi due casi e si ritiene automaticamente garantita sul resto del tracciato.

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il progetto è redatto secondo i metodi classici della scienza delle costruzioni e nel rispetto della seguente normativa:

- ✓ **RFI DTC INC PO SP IFS 001 A** Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- ✓ **DM 14 gennaio 2008** Nuove Norme Tecniche per le costruzioni.
- ✓ **Circolare 2 febbraio 2009 n.617** Nuova circolare delle Norme Tecniche per le costruzioni

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno-binario-struttura	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0000 001</td> <td>A</td> <td>4 di 22</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	4 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	4 di 22								

3 INTERAZIONE STATICA TRENO – BINARIO – STRUTTURA

Gli effetti dell'interazione binario-struttura in termini di azioni longitudinali trasmesse alla sottostruttura (reazioni vincolari negli appoggi fissi), tensioni supplementari nel binario e scorrimenti relativi binario-impalcato, saranno valutati mediante una serie di analisi di simulazione del comportamento del ponte soggetto alle azioni termiche ed ai carichi orizzontali e verticali dei convogli in transito, portando in conto la resistenza ai movimenti longitudinali del binario e la rigidezza della struttura, attraverso un modello di calcolo realizzato mediante software dedicato WPris, in quanto non rispettate tutte le condizioni propedeutiche all'applicabilità del metodo di calcolo semplificato proposto dal DM 2008 nell'Allegato3.

3.1 MODELLAZIONE

Si riporta di seguito uno schema del modello di calcolo utilizzato:

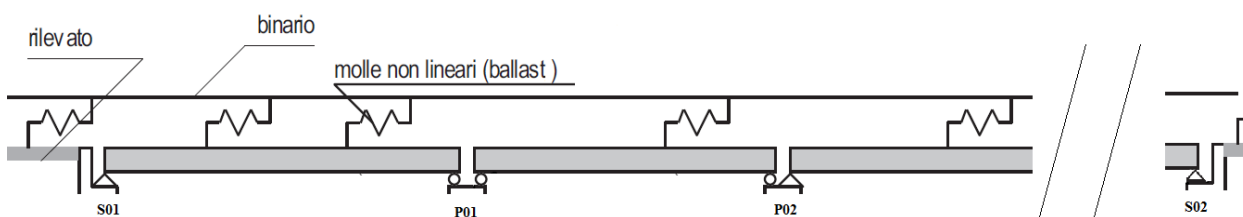


Figura 1. Schema modello

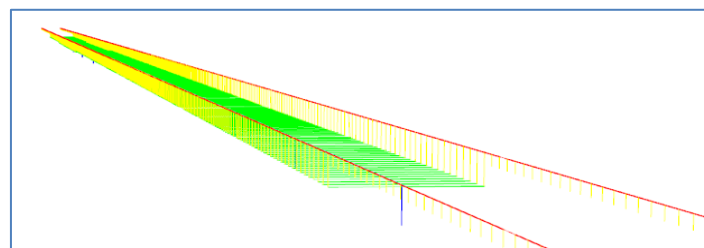


Figura 2. Modello agli elementi finiti

Ciascun binario, posizionato nel proprio baricentro, viene modellato con un e.f. tipo trave cui si associano le caratteristiche geometriche e meccaniche delle due rotaie. L'interasse tra i due binari è pari a 4m.

Analogamente, l'impalcato, posizionato nel proprio baricentro, viene modellato con un e.f. tipo trave connesso ai binari attraverso molle non lineari caratterizzate dal legame costitutivo proprio del ballast (spessore traversina + ballast = 0.85 m).

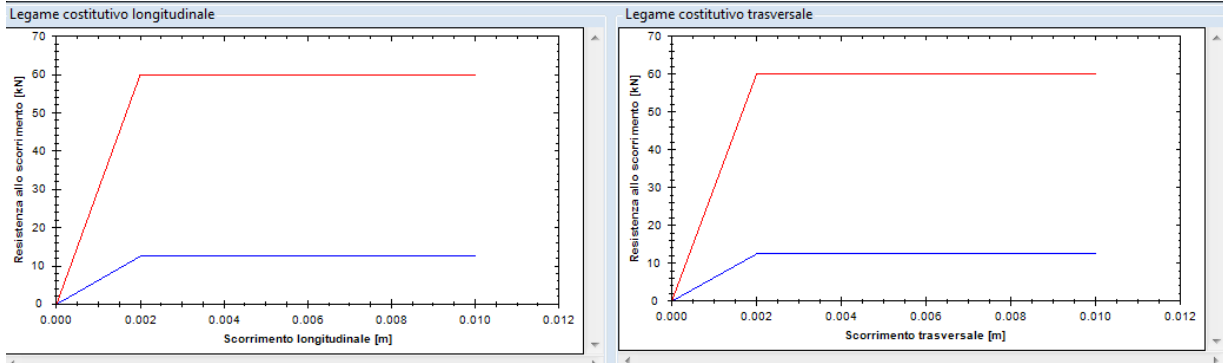


Figura 3. Legame costitutivo armamento ferroviario.

I vincoli di appoggio dell'impalcato, modellati attraverso link elastici lineari, sono tali da riprodurre lo schema statico di trave appoggiata per ciascuna campata. A ciascun link è associata la rigidezza dell'insieme appoggio – pila/spalla – fondazione.

3.2 VI 04

L'impalcato del viadotto VI04 è costituito da 9 campate in c.a.p. da 25m, 2 campate in sezione mista acc.-cls. Da 43m e ulteriori 3 campate da 25m in c.a.p.:

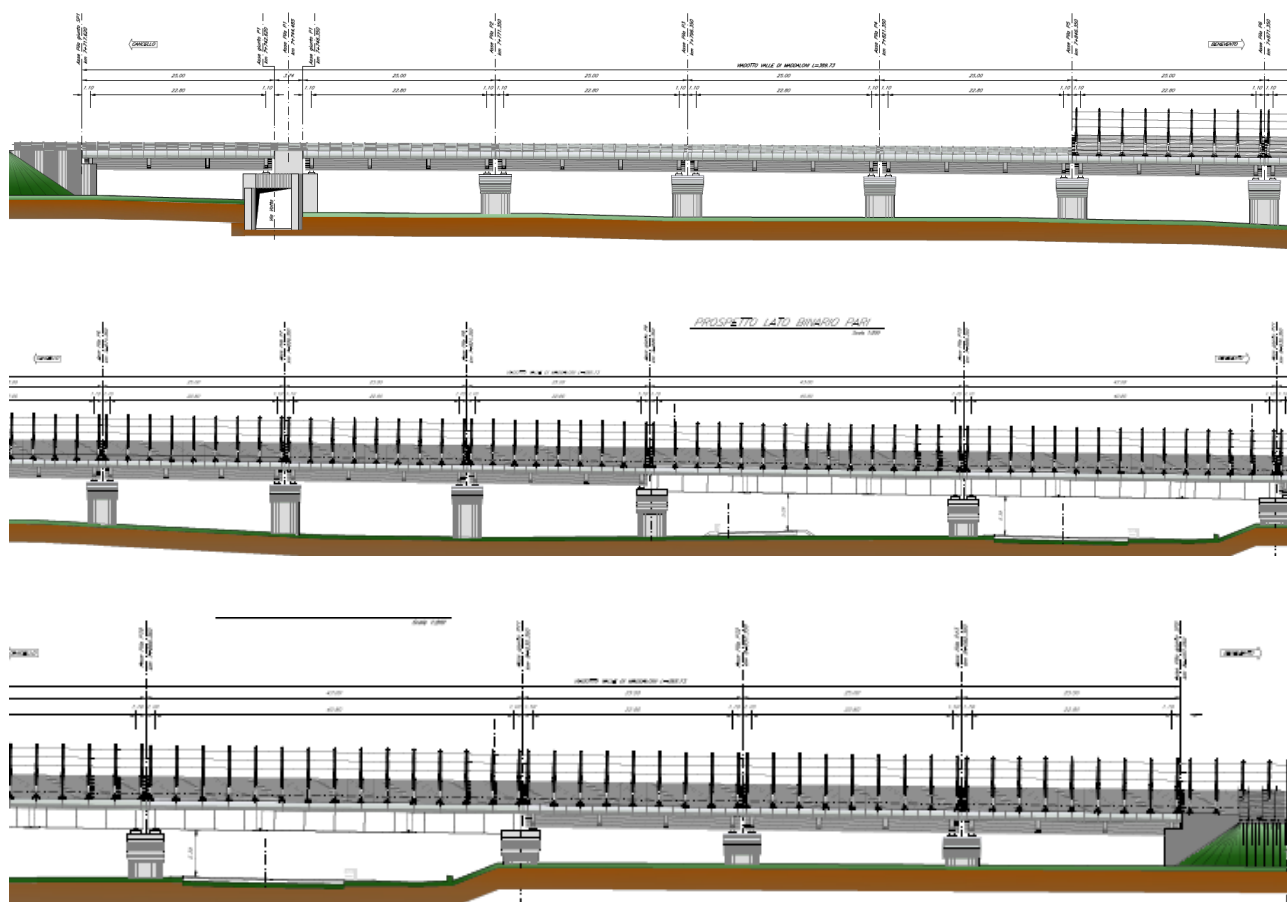


Figura 4. VI04_Profilo longitudinale

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno-binario-struttura	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0000 001</td> <td>A</td> <td>7 di 22</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	7 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	7 di 22								

Il viadotto viene schematizzato come segue:

	<i>ch</i>	<i>bearings</i>		<i>Length</i>
	[m]	[m]		[m]
S01	100		1.1	
		101.10	1° span	27
P 01	127.0	125.90		
		128.10	2° span	27
P 02	154.0	152.90		
		155.10	3° span	25
P 03	179.0	177.90		
		180.10	4° span	25
P 04	204.0	202.90		
		205.10	5° span	25
P 05	229.0	227.90		
		230.10	6° span	25
P 06	254.0	252.90		
		255.10	7° span	25
P 07	279.0	277.90		
		280.10	8° span	25
P 08	304.0	302.90		
		305.10	9° span	25
P 09	329.0	327.90		
		330.10	10° span	43
P 10	372.0	370.90		
		373.10	11° span	43
P 11	415.0	413.90		
		416.10	12° span	25
P 12	440.0	438.90		
		441.10	13° span	25
P 13	465.0	463.90		
		466.10	14° span	25
S02	490.0	488.90		
		490.00	1.1	

Tabella 1. VI04_Schema del viadotto

3.2.1 IMPALCATO DA 25M

L'impalcato da 25m è costituito da 4 cassoncini in c.a.p.

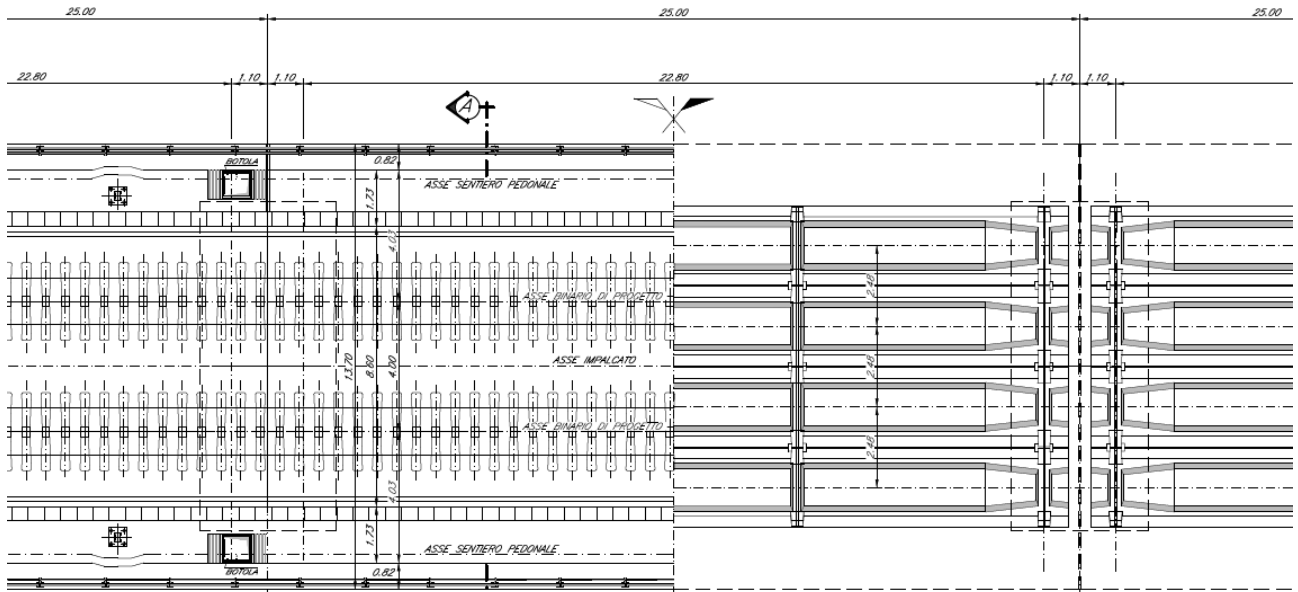


Figura 5. Pianta a quote variabili _impalcato L=25m

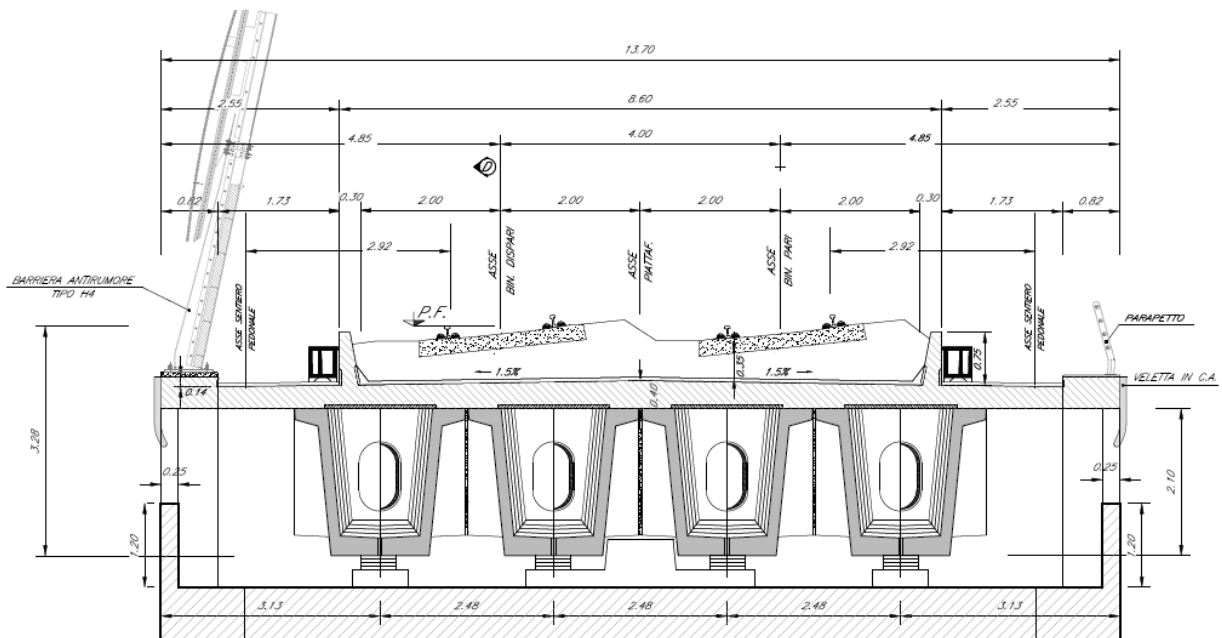


Figura 6. Sezione trasversale _impalcato L=25m

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO					
	Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno- binario-struttura	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000 001	REV. A

Le caratteristiche geometriche ed inerziali della sezione sono le seguenti:

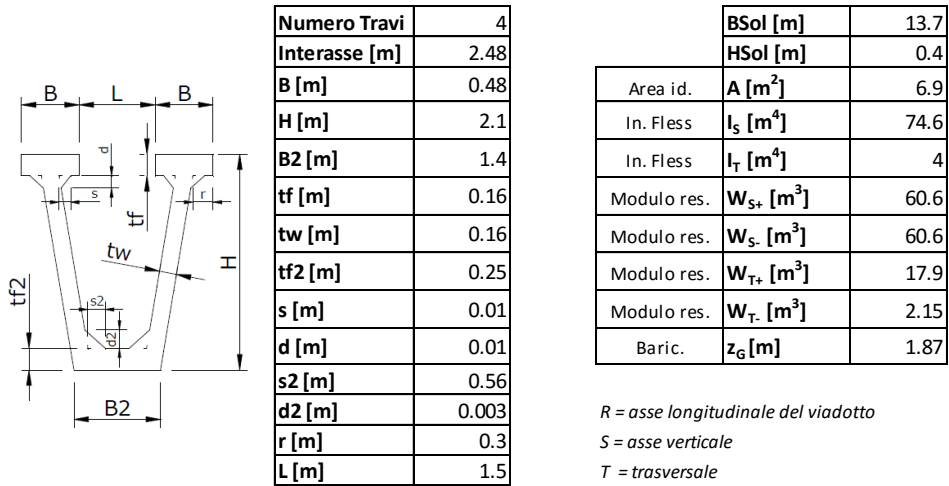


Figura 7. **Modello: sezione trasversale impalcato L=25m**

3.2.2 IMPALCATO DA 43M

L'impalcato da 43m è a sezione mista acc.-cls:

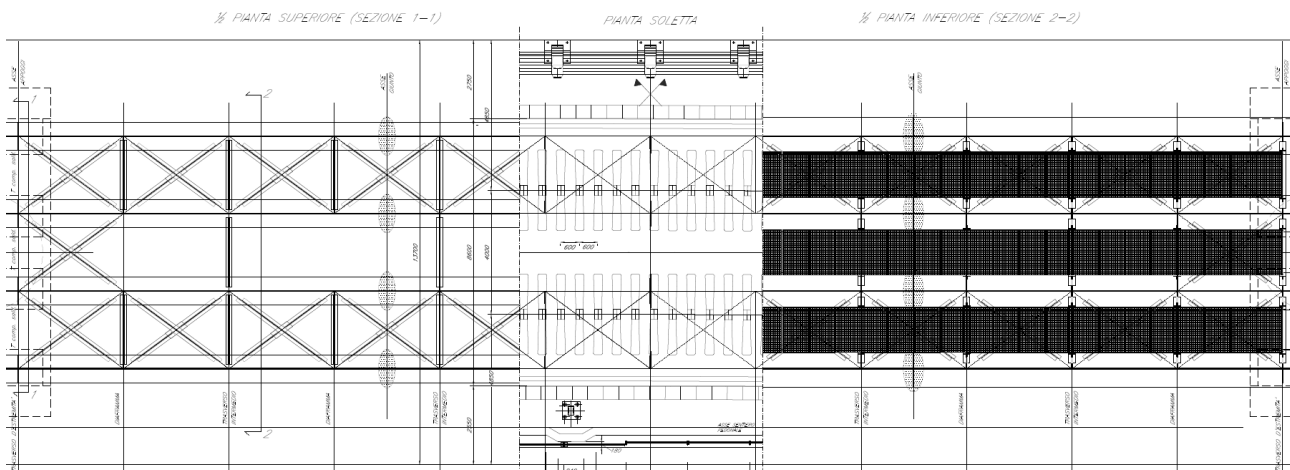


Figura 8. **Pianta a quote variabili _impalcato L=43m**

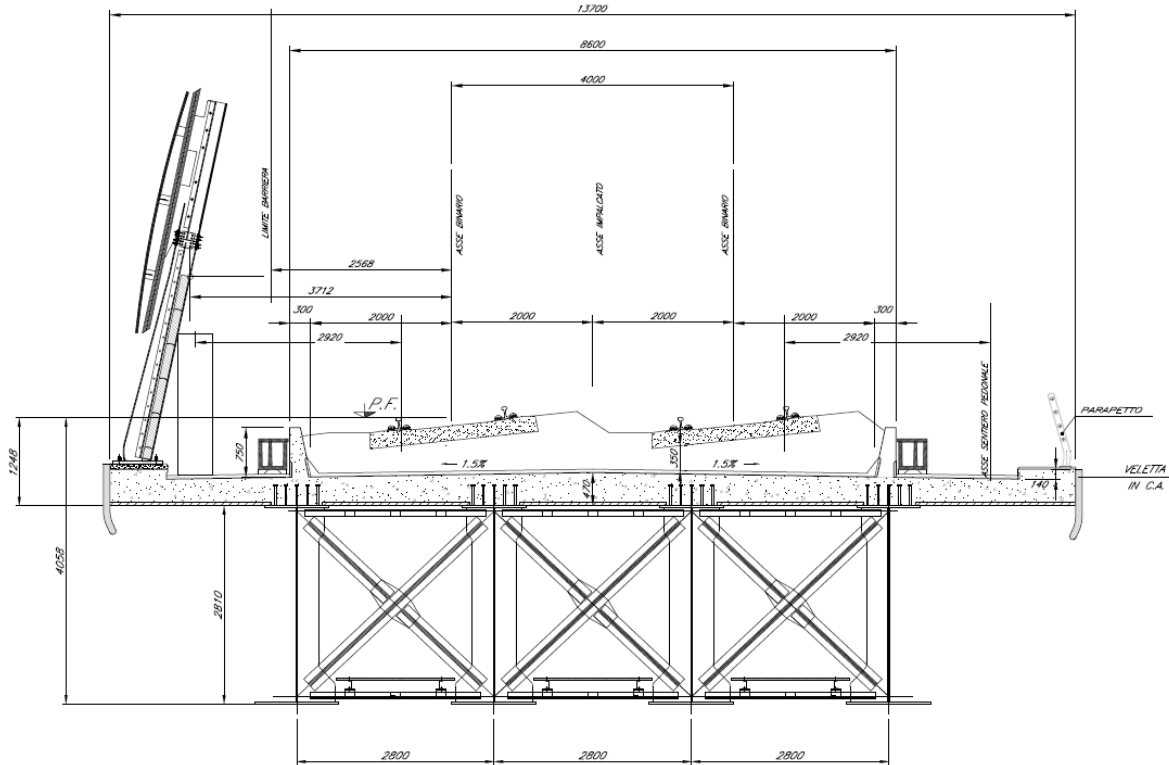


Figura 9. Sezione trasversale _impalcato L=43m

Le caratteristiche geometriche ed inerziali della sezione sono le seguenti:

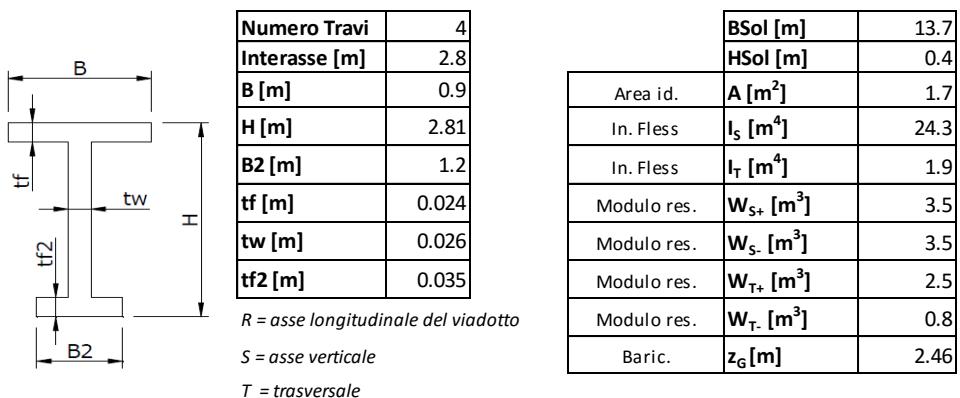


Figura 10. Modello: sezione trasversale impalcato L=43m

Gli appoggi seguono per ciascuna campata la sequenza: mobile a sinistra, fisso a destra eccetto che per la prima campata (spalla S01- pila P01). Pertanto sulla P01 sono presenti due appoggi mobili.

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno- binario-struttura	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0000 001</td> <td>A</td> <td>11 di 22</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	11 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	11 di 22								

3.2.3 SOTTOSTRUTTURE

Si effettua il calcolo della rigidità delle pile, da inserire nel modello, ipotizzando di schematizzare il vincolo alla base come un incastro perfetto (fondazioni infinitamente rigide):

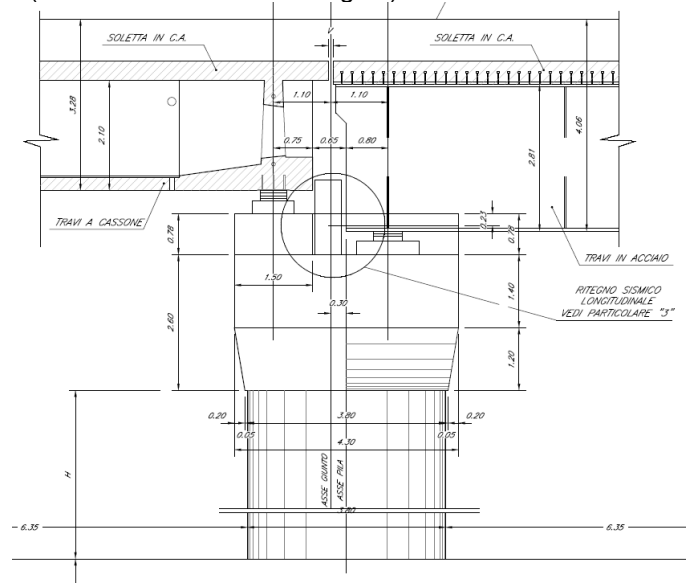


Figura 11. Pila di transizione (P09)

VIADOTTO				H PILA PD	TIPOLOGIA	VINCOLO	VINCOLO	J PILA LONG	J PILA TRASV	K PILA LONG E TRASV	
WBS	PILA/SPALLA	campata		lunghezza campata successiva				m4	m4	kN/m	
-				m	m						
VI04	S01						F			10^8	
VI04	P01	VI04-S01	VI04-P01	26.87	6,6 SCAT	SCATOLARE	M			10^8	
VI04	P02	VI04-P01	VI04-P02	26.87	3.30	CIRC-C25	F	M	10.235	10.235	28 745 877
VI04	P03	VI04-P02	VI04-P03	25.00	3.60	CIRC-C25	F	M	10.235	10.235	22 141 645
VI04	P04	VI04-P03	VI04-P04	25.00	3.50	CIRC-C25	F	M	10.235	10.235	24 094 241
VI04	P05	VI04-P04	VI04-P05	25.00	3.50	CIRC-C25	F	M	10.235	10.235	24 094 241
VI04	P06	VI04-P05	VI04-P06	25.00	4.20	CIRC-C25	F	M	10.235	10.235	13 943 427
VI04	P07	VI04-P06	VI04-P07	25.00	5.20	CIRC-C25	F	M	10.235	10.235	7 346 955
VI04	P08	VI04-P07	VI04-P08	25.00	5.20	CIRC-C25	F	M	10.235	10.235	7 346 955
VI04	P09	VI04-P08	VI04-P09	25.00	4.00	CIRC-M43	F	M	10.235	10.235	16 141 259
VI04	P10	VI04-P09	VI04-P10	43.00	4.00	CIRC-M43	F	M	10.235	10.235	16 141 259
VI04	P11	VI04-P10	VI04-P11	43.00	4.00	CIRC-M43	F	M	10.235	10.235	16 141 259
VI04	P12	VI04-P11	VI04-P12	25.00	1.70	CIRC-C25	F	M	10.235	10.235	210 266 759
VI04	P13	VI04-P12	VI04-P13	25.00	1.70	CIRC-C25	F	M	10.235	10.235	210 266 759
VI04	S02	VI04-P13	VI04-S02	25.00			F			10^8	

Figura 12. Rigidezza link sottostrutture (app. - pila - fondaz.)

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno-binario-struttura	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0000 001</td> <td>A</td> <td>12 di 22</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	12 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	12 di 22								

3.2.4 ANALISI

Le analisi effettuate sono non lineari; il software, somma lo stato tenso-deformativo di ciascun passo di carico allo stato tenso-deformativo raggiunto nel passo precedente variando opportunamente il legame costitutivo delle molle non lineari tra binario e struttura (ballast scarico/carico).

Azioni applicate

- Variazione termica (relativa impalcato-binario) = $\pm 15^{\circ}\text{C}$.
- Avviamento per il modello di carico treno LM71.
- Frenatura per il modello di carico treno SW/2.

La **variazione di temperatura** applicata sul binario è nulla (perché si tratta di lunga rotaia saldata), così che essa non contribuisca agli effetti di interazione; vanno, invece, considerati i valori massimi e minimi che interessano l'impalcato. Dunque, si introduce, nel modello una variazione termica relativa tra binario e struttura: ΔT uniforme $=15^{\circ}\text{C}$, per entrambe le tipologie di impalcato.

I **treni** sono posizionati ciascuno su un binario e vengono fatti transitare in opposte direzioni di marcia così da massimizzare l'effetto delle azioni orizzontali ad essi associate: la frenatura associata a un treno si sommerà all'accelerazione associata all'altro.

Va considerata l'alternanza del segno (\pm) per la variazione di temperatura e incroci in differenti posizioni dei treni transitanti in sensi di percorrenza opposti (essendo una struttura a doppio binario vanno valutate diverse posizioni dei treni su entrambi i binari). Saranno necessarie numerose analisi per individuare il caso più sfavorevole.

I risultati riportati, spostamenti assoluti e relativi tra binario e struttura e tensioni nelle rotaie, sono ricavati automaticamente come output del software utilizzato.

Verifiche

Le verifiche sono fatte in accordo alla specifica RFI DTC INC PO SP IFS 001 A

I valori riportati nelle tabelle e relative verifiche rispetto ai limiti normativi sono i seguenti :

- F_{hs} [kN] max = reazione orizzontale massima nell'appoggio fisso.
- F_{hs} [kN] min = reazione orizzontale minima nell'appoggio fisso.
- σ [Mpa] trazione/compressione = massima tensione aggiuntiva nelle rotaie.
- $\Delta\delta_{rel}$ [mm] h = massimo/minimo spostamento orizzontale relativo tra binario e impalcato, depurato dell'effetto da azione termica.
- $\Delta\delta_{rel}$ [mm] v = massimo/minimo spostamento verticale relativo tra binario e impalcato, depurato dell'effetto da azione termica.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno-binario-struttura	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0000 001</td> <td>A</td> <td>13 di 22</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	13 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	13 di 22								

- **Simulazione P5-**

Si riporta uno degli involuppi significativi per la verifica di interazione.

Carichi verticali: il treno di carico LM71 viaggia in direzione positiva ed incrocia l'SW/2 in corrispondenza della spalla fissa.

Carichi orizzontali: variazione di temperatura, LM71 in avviamento, SW/2 in frenatura.

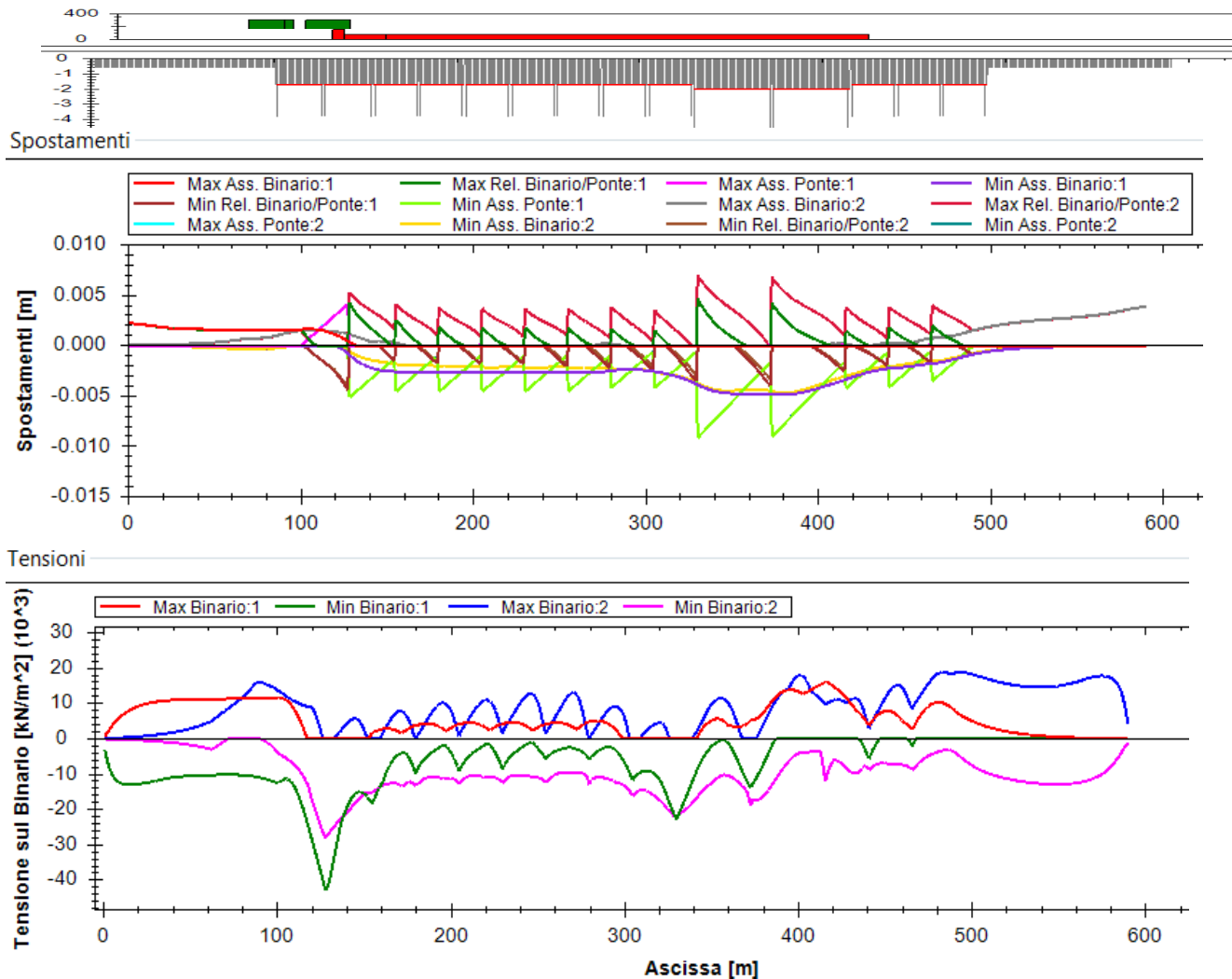


Figura 13. **Schema viadotto-output spostamenti e tensioni**

In corrispondenza della spalla e in prossimità del manufatto, ove peraltro vi è inversione di schema statico dell'impalcato, si verificano gli effetti più gravosi.

È garantito, comunque, il rispetto delle massime tensioni ammissibili nelle rotaie e dei massimi spostamenti relativi binario-struttura.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno-binario-struttura	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">VI0000 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">14 di 22</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	14 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	14 di 22								

3.2.5 CONCLUSIONI

Si riporta di seguito il riepilogo dei risultati, ottenuti involupando le più gravose posizioni di incrocio dei treni lungo il viadotto (in corrispondenza degli appoggi ed in entrambi i versi di percorrenza):

		SIMULAZIONI								MAX	test
		P1+	P1-	P5+	P5-	P9+	P9-	SP1+	SP1-		
F hs [kN]	MAX	1628	747	1828	773	1299	675	1293	675	1827.6	
	MIN	-783.1	-1910.3	-783.1	-1948.5	-653.5	-2286.7	-524.8	-1478.9	-2286.7	
σ [Mpa]	trazione	25.6	19	25.7	18.8	33	33.9	39.6	22.4	39.6	< 70 MPa
	compress.	33.1	33	41.2	42.8	33.6	37.5	36	31	42.8	< 60 MPa
Δδrel [mm]	h +	1.8	3.1	0.7	3.1	0.6	2.4	0.6	1.6	3.1	< 5 mm
	h -	0.6	0.8	2.4	0.9	3	0.7	3.1	0.7	3.1	< 5 mm
	v +	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	< 2 mm
	v -	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	< 2 mm

Le massime compressioni si hanno in corrispondenza della spalla fissa ove da una parte c'è la rigidità del rilevato e dall'altra la presenza del manufatto scatolare su cui l'impalcato poggia con due appoggi mobili.

I massimi spostamenti invece si hanno nella zona con campate a luce maggiore, quelle con impalcato a sezione mista.

Zone di estremità molto rigide e presenza di alcune campate di luce e deformabilità maggiore, sono il motivo per cui, lungo il viadotto in esame, non si ha distribuzione regolare delle tensioni di rotaia ne' degli spostamenti relativi rotaia-ponte.

Tuttavia, le campate sono semplicemente appoggiate e di piccola luce e la rigidità delle sottostrutture è elevata. Pertanto, gli effetti dovuti all'interazione statica treno – binario - struttura sono contenuti nei limiti prescritti dalla norma.

Le verifiche di sicurezza risultano soddisfatte.

3.3 VI 06

L'impalcato del viadotto VI06 è costituito da 55 campate delle quali 51 in c.a.p. da 25m e 4 a sezione mista acc. - cls da 34m.

Si decide di modellare il tratto di viadotto che va dalla pila P31 alla spalla S2, essendo comprensivo di due singolarità: il tratto P35-P40 ove le pile presentano altezze molto variabili (campate da 25m) ed il tratto P49- P52 ove l'impalcato presenta 3 campate consecutive da 34m a sezione mista acc.-cls.

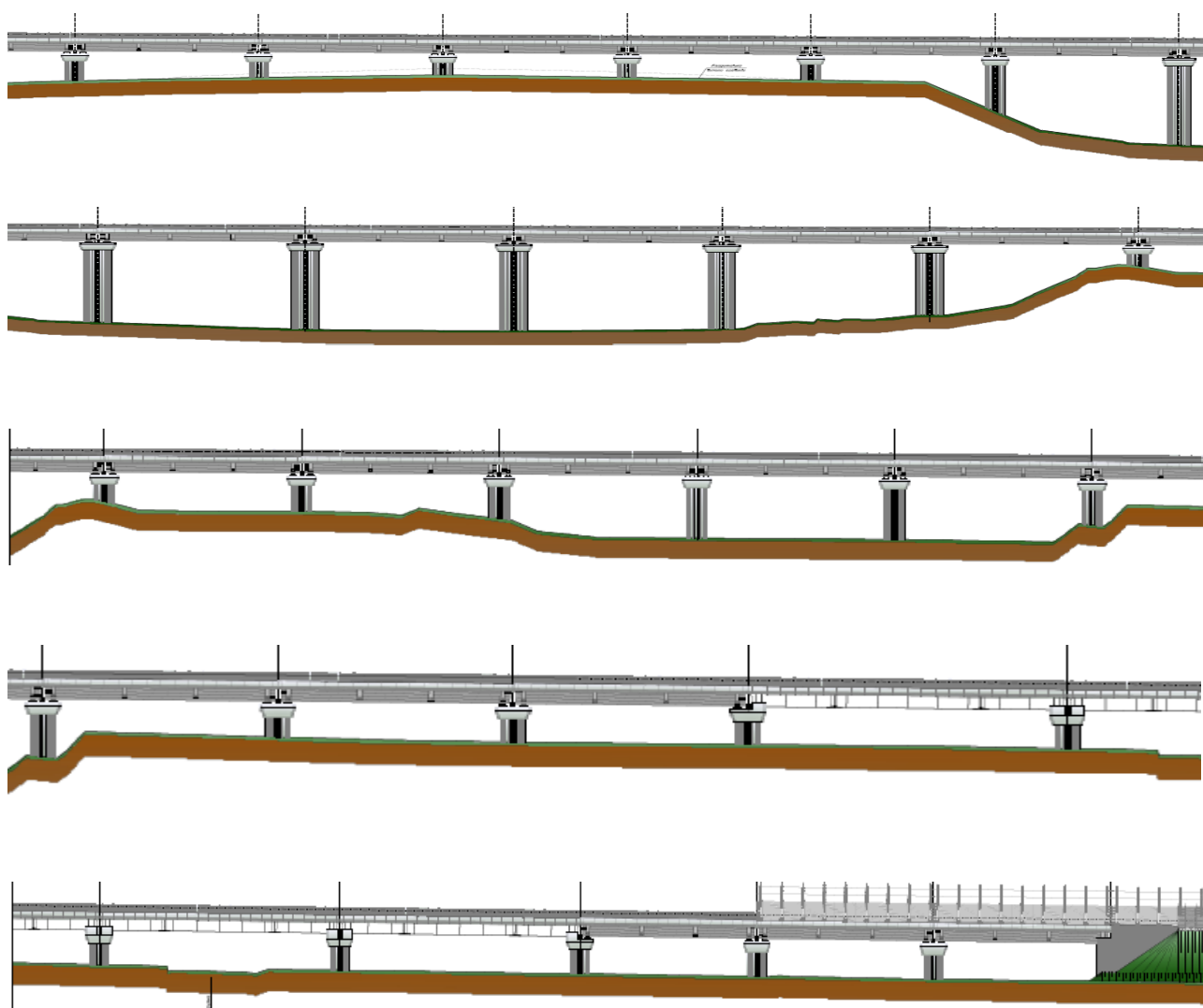


Figura 14. VI06_Profilo longitudinale

Il viadotto viene schematizzato come segue:

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno- binario-struttura	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0000 001</td> <td>A</td> <td>16 di 22</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	16 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	16 di 22								

	<i>ch</i>	<i>bearings</i>		<i>Length</i>
	[m]	[m]		[m]
P31	100.0		1.1	
		101.10	1° span	25.00
P32	125.0	123.90		
		126.10	2° span	25.00
P33	150.0	148.90		
		151.10	3° span	25.00
P34	175.0	173.90		
		176.10	4° span	25.00
P35	200.0	198.90		
		201.10	5° span	25.00
P36	225.0	223.90		
		226.10	6° span	25.00
P37	250.0	248.90		
		251.10	7° span	25.00
P38	275.0	273.90		
		276.10	8° span	25.00
P39	300.0	298.90		
		301.10	9° span	25.00
P40	325.0	323.90		
		326.10	10° span	25.00
P41	350.0	348.90		
		351.10	11° span	25.00
P42	375.0	373.90		
		376.10	12° span	25.00
P43	400.0	398.90		
		401.10	13° span	25.00
P44	425.0	423.90		
		426.10	14° span	25.00
P45	450.0	448.90		
		451.10	15° span	25.00
P46	475.0	473.90		
		476.10	16° span	25.00
P47	500.0	498.90		
		501.10	17° span	25.00
P48	525.0	523.90		
		526.10	18° span	25.00
P49	550.0	548.90		
		551.10	19° span	34.00
P50	584.0	582.90		
		585.10	20° span	34.00
P51	618.0	616.90		
		619.10	21° span	34.00
P52	652.0	650.90		
		653.10	22° span	25.00
P53	677.0	675.90		
		678.10	23° span	25.00
P54	702.0	700.90		
		703.10	24° span	25.00
S2	727.0	725.90		
			1.1	

Tabella 2. VI06_Schema del viadotto

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno- binario-struttura	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0000 001</td> <td>A</td> <td>18 di 22</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	18 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	18 di 22								

Le caratteristiche geometriche ed inerziali della sezione sono le seguenti:

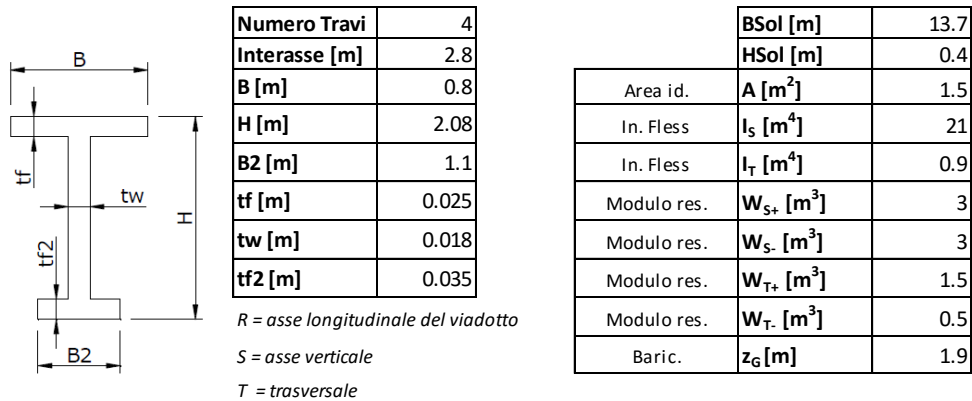


Figura 17. **Modello: sezione trasversale impalcato L=34m**

Gli appoggi seguono per ciascuna campata la sequenza: mobile a sinistra, fisso a destra.

3.3.3 SOTTOSTRUTTURE

Si effettua il calcolo della rigidità delle pile, da inserire nel modello, ipotizzando di schematizzare il vincolo alla base come un incastro perfetto (fondazioni infinitamente rigide):

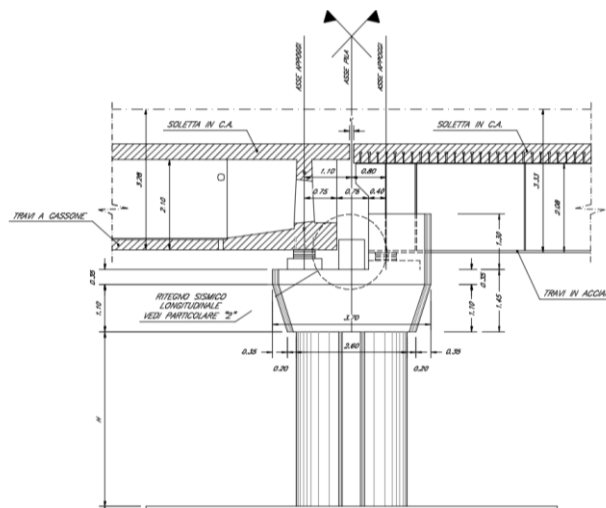


Figura 18. **Pila di transizione (P49)**

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO
Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno- binario-struttura	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF1N 01 E ZZ CL VI0000 001 A 19 di 22

VIADOTTO				H PILA PD	TIPOLOGIA	VINCOLO	VINCOLO	J PILA LONG	J PILA TRASV	K PILA LONG E TRASV
WBS	PILA/SPALLA	campata		lunghezza campata successiva						
-				m	m			m4	m4	kN/m

VI06	P31				4.00	RETT-C25		M	9.429	70.4772	14 869 582
VI06	P32	VI06-P31	VI06-P32	25.00	3.00	RETT-C25	F	M	9.429	70.4772	35 246 417
VI06	P33	VI06-P32	VI06-P33	25.00	3.50	RETT-C25	F	M	9.429	70.4772	22 195 994
VI06	P34	VI06-P33	VI06-P34	25.00	4.00	RETT-C25	F	M	9.429	70.4772	14 869 582
VI06	P35	VI06-P34	VI06-P35	25.00	13.00	RETT-C25	F	M	17.4873	82.8463	717 356
VI06	P36	VI06-P35	VI06-P36	25.00	20.80	RETT-C25	F	M	17.4873	82.8463	220 621
VI06	P37	VI06-P36	VI06-P37	25.00	20.70	RETT-C25	F	M	17.4873	82.8463	220 621
VI06	P38	VI06-P37	VI06-P38	25.00	20.50	RETT-C25	F	M	17.4873	82.8463	220 621
VI06	P39	VI06-P38	VI06-P39	25.00	20.30	RETT-C25	F	M	17.4873	82.8463	220 621
VI06	P40	VI06-P39	VI06-P40	25.00	14.60	RETT-C25	F	M	17.4873	82.8463	567 123
VI06	P41	VI06-P40	VI06-P41	25.00	4.60	RETT-C25	F	M	9.429	70.4772	9 776 992
VI06	P42	VI06-P41	VI06-P42	25.00	4.60	RETT-C25	F	M	9.429	70.4772	9 776 992
VI06	P43	VI06-P42	VI06-P43	25.00	7.40	RETT-C25	F	M	9.429	70.4772	2 348 462
VI06	P44	VI06-P43	VI06-P44	25.00	8.50	RETT-C25	F	M	9.429	70.4772	1 549 608
VI06	P45	VI06-P44	VI06-P45	25.00	8.50	RETT-C25	F	M	9.429	70.4772	1 549 608
VI06	P46	VI06-P45	VI06-P46	25.00	8.50	RETT-C25	F	M	9.429	70.4772	1 549 608
VI06	P47	VI06-P46	VI06-P47	25.00	3.50	RETT-C25	F	M	9.429	70.4772	22 195 994
VI06	P48	VI06-P47	VI06-P48	25.00	3.50	RETT-C25	F	M	9.429	70.4772	22 195 994
VI06	P49	VI06-P48	VI06-P49	25.00	3.50	RETT-M34	F	M	9.429	70.4772	22 195 994
VI06	P50	VI06-P49	VI06-P50	34.00	4.00	RETT-M34	F	M	9.429	70.4772	14 869 582
VI06	P51	VI06-P50	VI06-P51	34.00	4.00	RETT-M34	F	M	9.429	70.4772	14 869 582
VI06	P52	VI06-P51	VI06-P52	34.00	4.00	RETT-M34	F	M	9.429	70.4772	14 869 582
VI06	P53	VI06-P52	VI06-P53	25.00	4.00	RETT-C25	F	M	9.429	70.4772	14 869 582
VI06	P54	VI06-P53	VI06-P54	25.00	4.00	RETT-C25	F	M	9.429	70.4772	14 869 582
VI06	S02	VI06-P54	VI06-S02	25.00			F				

Figura 19. Rigidezza link sottostrutture (app. - pila - fondaz.)

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno-binario-struttura	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0000 001</td> <td>A</td> <td>20 di 22</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	20 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	20 di 22								

3.3.4 ANALISI

Le analisi effettuate sono non lineari; il software, somma lo stato tenso-deformativo di ciascun passo di carico allo stato tenso-deformativo raggiunto nel passo precedente variando opportunamente il legame costitutivo delle molle non lineari tra binario e struttura (ballast scarico/carico).

Azioni applicate

- Variazione termica (relativa impalcato-binario) = $\pm 15^{\circ}\text{C}$.
- Avviamento per il modello di carico treno LM71.
- Frenatura per il modello di carico treno SW/2.

La **variazione di temperatura** applicata sul binario è nulla (perché si tratta di lunga rotaia saldata), così che essa non contribuisca agli effetti di interazione; vanno, invece, considerati i valori massimi e minimi che interessano l'impalcato. Dunque, si applica una variazione termica relativa tra binario e struttura: ΔT uniforme = 15°C , per entrambe le tipologie di impalcato.

I **treni** sono posizionati ciascuno su un binario e vengono fatti transitare in opposte direzioni di marcia così da massimizzare l'effetto delle azioni orizzontali ad essi associate: la frenatura associata a un treno si sommerà all'accelerazione associata all'altro.

Va considerata l'alternanza del segno (\pm) per la variazione di temperatura e incroci in differenti posizioni dei treni transitanti in sensi di percorrenza opposti (essendo una struttura a doppio binario vanno valutate diverse posizioni dei treni su entrambi i binari). Saranno necessarie numerose analisi per individuare il caso più sfavorevole.

I risultati riportati, spostamenti assoluti e relativi tra binario e struttura e tensioni nelle rotaie, sono ricavati automaticamente come output del software utilizzato.

Verifiche

Le verifiche sono fatte in accordo alla specifica RFI DTC INC PO SP IFS 001 A

I valori riportati nelle tabelle e relative verifiche rispetto ai limiti normativi sono i seguenti :

- F_{hs} [kN] max = reazione orizzontale massima nell'appoggio fisso.
- F_{hs} [kN] min = reazione orizzontale minima nell'appoggio fisso.
- σ [Mpa] trazione/compressione = massima tensione aggiuntiva nelle rotaie.
- $\Delta\delta_{rel}$ [mm] h = massimo/minimo spostamento orizzontale relativo tra binario e impalcato.
- $\Delta\delta_{rel}$ [mm] v = massimo/minimo spostamento verticale relativo tra binario e impalcato.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno-binario-struttura	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0000 001</td> <td>A</td> <td>21 di 22</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	21 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	21 di 22								

- **Simulazione P49-**

Si riporta uno degli involuipi significativi per la verifica di interazione.

Carichi verticali: il treno di carico LM71 viaggia in direzione positiva ed incrocia l'SW/2 in corrispondenza della pila P49, quella di transizione tra le due tipologie di impalcato.

Carichi orizzontali: variazione di temperatura, LM71 in avviamento, SW/2 in frenatura.

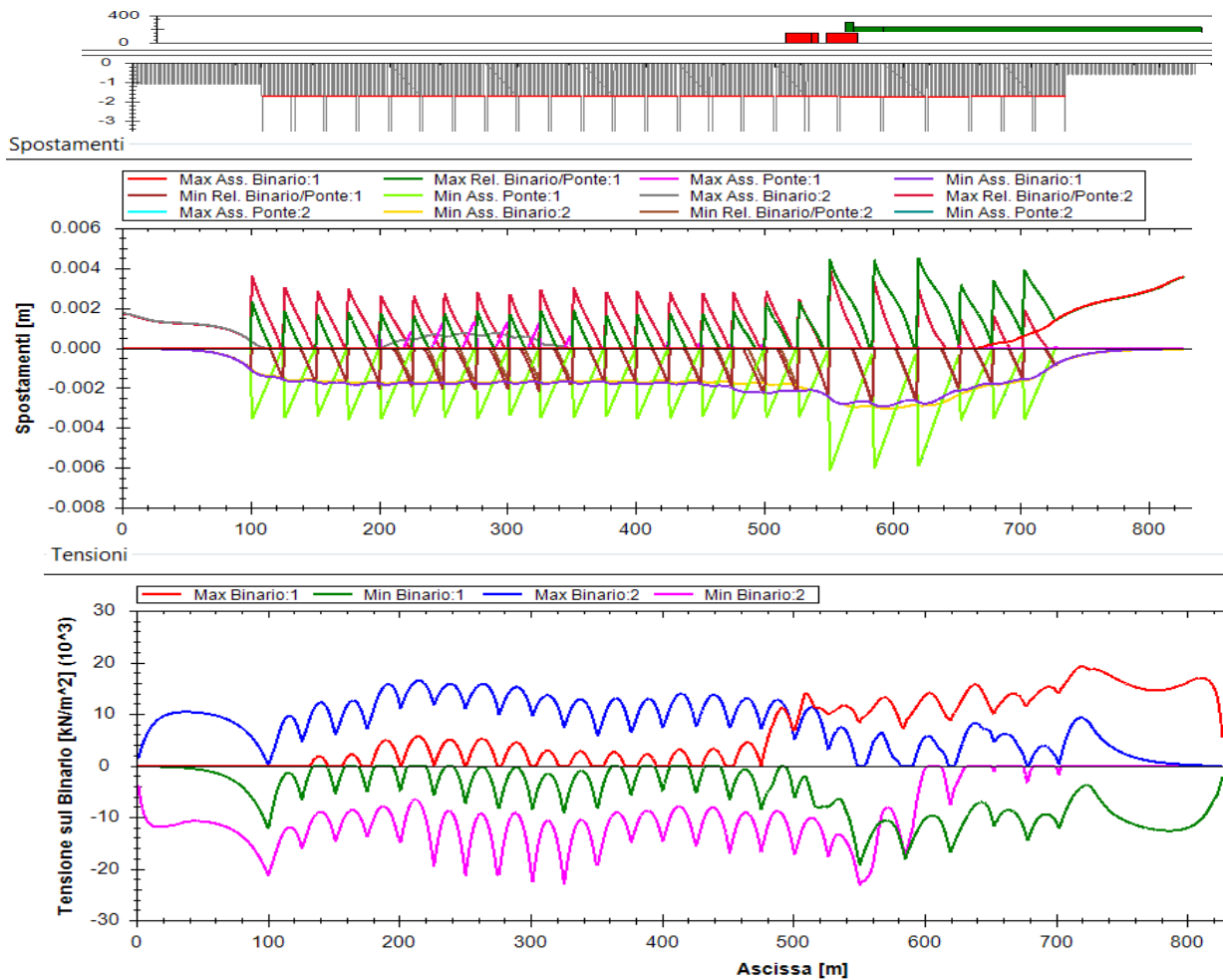


Figura 20. **Schema viadotto-output: spostamenti e tensioni**

In corrispondenza della transizione tra le due tipologie di impalcato, ove la rigidezza subisce un salto, si verificano gli effetti più gravosi.

È garantito il rispetto delle massime tensioni ammissibili nelle rotaie e dei massimi spostamenti relativi binario-struttura.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Viadotti ferroviari - Relazione di interazione treno-binario-struttura	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">VI0000 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">22 di 22</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	22 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0000 001	A	22 di 22								

3.3.5 CONCLUSIONI

Si riporta di seguito il riepilogo dei risultati, ottenuti inviluppando le più gravose posizioni di incrocio dei treni lungo il viadotto (in entrambi i versi di percorrenza in corrispondenza delle sottostrutture: P35, P41, P49, P52, S2):

		SIMULAZIONI											
		P35+	P35-	P41+	P41-	P49+	P49-	P52+	P52-	SP2+	SP2-	MAX	test
F hs [kN]	MAX	939	179	1216	169	1185	173	1185	173	885	172	1216.4	
	MIN	-256.4	-1300.9	-256.4	-1224.8	-256.3	-1617.5	-256.3	-1617.5	-256.3	-1403.9	-1617.5	
σ [Mpa]	trazione	21.3	21.5	22.5	21.3	22	20.1	22	20.1	22.1	21.9	22.5	< 70 MPa
	compress.	30.3	23.4	26.2	29.4	26.3	23.3	26.3	23.3	26.2	23.3	30.3	< 60 MPa
Δδrel [mm]	h +	2.14	0.2	2.64	2.3	2.64	2.56	2.9	0.4	2.64	0.78	2.9	< 5 mm
	h -	0.04	2.4	0.58	2.6	0.34	1.84	2.93	2.04	1.44	1.54	2.9	< 5 mm
	v +	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	< 2 mm
	v -	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	< 2 mm

In ciascun caso, la piccola luce delle campate appoggiate e l'elevata rigidità delle sottostrutture comporta risultati piuttosto regolari: gli effetti delle azioni applicate risultano ben distribuiti tra le campate e con valori ampiamente nel rispetto dei limiti normativi.

Le conclusioni dimostrate sono estendibili al restante tratto di viadotto (dalla spalla S1 alla pila P31) che presenta caratteristiche analoghe al tratto analizzato.