

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria



Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA



MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

IV03 – cavalcavia al km 12+116

Relazione di calcolo impalcato

L'Appaltatore

Ing. Gianguido Babini

A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l.

Il Direttore Tecnico
(Ing. Gianguido Babini)

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. Massimo Facchini

Data

firma

Data

firma

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I O B	0 2	E	Z Z	C L	I V 0 3 0 8	0 0 1	B	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	Ing. M. Calderoni	Dicembre 2022	Ing. V. Calzona	Dicembre 2022	Ing. S. Canale	Dicembre 2022	
B	Aggiornamento a seguito RDV 0267	Ing. L. Fico	24/07/2023	Ing. M. Calderoni	24/07/2023	Ing. S. Canale	24/07/2023	

File: LI0B02EZZCLIV0308001B.DOCX

n. Elab.

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001	REV B

INDICE

1.. PREMESSA	3
2.. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1 Documenti Referenziati	4
2.2 Unità di misura	4
3.. MATERIALI	5
3.1 Calcestruzzo soletta (c32/40)	5
3.2 Calcestruzzo per travi e trasversi prefabbricati – tempo t_{∞} (fase finale in esercizio) (c45/55)	5
3.3 Acciaio per c.a. (armatura ordinaria)	6
3.4 Acciaio per armature di precompressione	6
4.. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	8
4.1 Vita nominale e classe d'uso	8
4.2 Parametri di pericolosità sismica	8
5.. DESCRIZIONE DELL'OPERA	12
5.1 Esecuzione del manufatto	14
6.. ANALISI DEI CARICHI	14
6.1 Peso proprio (G1)	14
6.2 Permanenti portati (G2)	14
6.3 Presollecitazioni di progetto (P)	15
6.4 Azioni indirette	16
6.5 Azioni variabili (Q)	20
6.6 Azioni climatiche	23
7.. COMBINAZIONI DI CARICO	28
8.. MODELLAZIONE ED ANALISI STRUTTURALE	34
8.1 Software di calcolo	34
8.2 Metodo ed ipotesi di calcolo	35
8.3 Metodologia di analisi	36
8.4 Sistemi di riferimento ed unità di misura	36
8.5 Geometria del modello di calcolo	36
8.6 Carichi e masse	39
9.. RISULTATI DELLE ANALISI	44
9.1 Principali diagrammi delle sollecitazioni	44
10. GIUDIZIO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	50
11. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DI PRECOMPRESSIONE TRAVI DI IMPALCATO	54
11.1 Sezione trasversale Trave c.a.p.	54

<small>MANDATARIA</small>  <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	<small>MANDANTI</small> 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	<small>COMMESSA</small> LI0B	<small>LOTTO</small> 02	<small>FASE</small> E	<small>ENTE</small> ZZ	<small>TIPO DOC</small> CL	<small>OPERA 7 DISCIPLINA</small> IV 03 08			<small>PROGR</small> 001

11.2	Armatura di precompressione – Tipologia e geometria.....	55
11.3	Caratteristiche delle sezioni.....	57
12.	CADUTE DI TENSIONE.....	62
12.1	Cadute di tensione per ritiro del calcestruzzo	62
12.2	Cadute per viscosità.....	65
12.3	Cadute per effetto termico	67
12.4	Cadute per rilassamento acciaio da precompressione	68
12.5	Cadute di tensione totali.....	69
13.	TRAVI DI IMPALCATO: CRITERI DI VERIFICA	70
14.	VERIFICA TRAVI DI BORDO	72
14.1	Precompressione e cadute di tensione.....	72
14.2	Verifiche allo stato limite ultimo per sforzo normale e flessione	79
14.3	Verifiche allo sl u per sollecitazioni taglianti e torcenti	83
14.4	Verifica scorrimento trave soletta	86
14.5	Verifica trave in esercizio.....	88
15.	VERIFICA TRAVI CENTRALI.....	92
15.1	Precompressione e cadute di tensione.....	92
15.2	Verifiche allo stato limite ultimo per sforzo normale e flessione	99
15.3	Verifiche allo sl u per sollecitazioni taglianti e torcenti	103
15.4	Verifica scorrimento trave soletta	106
15.5	Verifica trave in esercizio.....	108
16.	VERIFICA PER FORZE DI FENDITURA (BURSTING)	112
17.	VERIFICA DEI TRAVERSI.....	114
17.1	Verifica per sollevamento impalcato	120
18.	SOLETTA	122
18.1	Geometria della sezione trasversale:	122
18.2	Verifica predalle in fase di getto.....	123
18.3	Verifica soletta nelle fasi successive	126
18.4	Sbalzo	136
18.5	Verifica azione eccezionale – urto del veicolo in svio	140
18.6	Sbalzo longitudinale su pila	144
19.	GIUNTI DI DILATAZIONE.....	146
20.	APPOGGI	146

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	3

1. PREMESSA

Il presente elaborato attiene la progettazione esecutiva per la realizzazione dei Lotti 2 e 3 Termoli - Ripalta del raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina sulla Linea Pescara – Bari, dal km 0+000 al km 24+900, per uno sviluppo di circa 24,9 km.

Attualmente, la tratta a singolo binario Termoli – P.M. Lesina della Linea Pescara – Bari rappresenta un collo di bottiglia dell'intera Direttrice Adriatica, che impedisce incrementi di traffico e comporta limitazioni nell'impostazione dell'orario, dovendo considerare incroci e precedenza che incidono sugli effettivi tempi di percorrenza.

Il Progetto del raddoppio, inserito fra le infrastrutture strategiche di interesse nazionale ai sensi della L. n. 443/2001 (approvazione della Delibera CIPE 21/12/2001, n.121), mira ad uniformare gli standard di esercizio della tratta Termoli-Lesina a quelli dell'intera direttrice adriatica, riveste una notevole importanza e mira al raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- Aumento della velocità massima del tracciato e della capacità della linea;
- Elevazione degli indici di qualità del servizio, in termini di regolarità del traffico e di migliore adattabilità alla domanda di trasporto (risposta dinamica);
- Riduzione dei costi d'uso dell'infrastruttura, migliore coordinamento delle attività di circolazione dei treni e di manutenzione delle infrastrutture;
- Miglioramento dell'offerta di trasporto conseguente alla riduzione dei tempi di percorrenza della relazione.

L'intervento, inoltre, è volto a migliorare la sicurezza della circolazione in considerazione delle criticità del territorio dal punto di vista idraulico. Infatti, la tratta in esame si colloca all'interno di un articolato reticolo idrografico con numerosi corsi d'acqua aventi, per lo più, andamento semi-rettilineo ortogonale alla linea di costa. I corsi d'acqua più importanti attraversati sono il Fiume Biferno (nella Regione Molise,), il Torrente Saccione (a sud di Lido di Campomarino, segna il confine amministrativo fra la Regione Molise e la Regione Puglia) e il Fiume Fortore (nella Regione Puglia) che interessa il Lotto 1 dell'intervento.

Le aree di valle prossime agli apparati focivi di detti corsi d'acqua, soprattutto del Fiume Biferno e del Fiume Fortore, interessate dall'attraverso della linea in progetto, sono soggette ad elevato rischio idraulico. In tal senso, il progetto si pone quale obiettivo quello dell'ottimizzazione delle relazioni con detto contesto idrografico, finalizzata al superamento delle attuali condizioni di rischio che certamente possono interferire con alcuni tratti dell'attuale percorso in rilevato. La previsione di realizzazione di nuovi viadotti garantirà una maggiore trasparenza idraulica dell'opera, con diminuzione di eventuali fenomeni di allagamento e contenimento delle piene.

Il raddoppio della tratta Termoli-Lesina è stato suddiviso tre lotti funzionali:

- Lotto 1: Ripalta-Lesina, dal km 24+200 al km 31+044, sviluppo di circa 6,8 km;
- Lotto 2: Termoli-Campomarino, dal km 0+000 al km 5+940, sviluppo di circa 5,9 km;
- Lotto 3: Campomarino-Ripalta, dal km 5+940 al km 24+200, sviluppo di circa 18,3 km.

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	4

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

- [N.1]. L. n. 64 del 2/2/1974 "Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- [N.2]. L. n. 1086 del 5/11/1971 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- [N.3]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-08 (NTC-2018);
- [N.4]. Circolare n. 7 del 21 Gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- [N.5]. Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.
- [N.6]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- [N.7]. RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22-12-17 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N.8]. RFI DTC SI SP IFS 001 C del 22-12-17 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- [N.9]. CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- [N.10]. UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

2.2 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura usate nella relazione:

lunghezze [m]; forze [kN]; momenti [kNm] tensioni [Mpa]

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	5

3. MATERIALI

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

3.1 CALCESTRUZZO SOLETTA (C32/40)

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
$\gamma_M =$	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
$f_{cfm} =$	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
$c =$	40	mm	Copriferro minimo
XC4-S1			Classe di esposizione

3.2 CALCESTRUZZO PER TRAVI E TRASVERSI PREFABBRICATI – TEMPO T_{∞} (FASE FINALE IN ESERCIZIO) (C45/55)

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
$\gamma_M =$	1,5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	25,50	MPa	resistenza di progetto
$f_{ctm} =$	3,79	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{cfm} =$	4,55	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} =$	2,65	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

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	6

$c=$	35	mm	Copriferro minimo armatura ordinaria
XC3-XS1			Classe di esposizione
$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck} =$	27	MPa	Tensione massima di compressione in esercizio per combinazioni RARE
$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck} =$	20,25	MPa	Tensione massima di compressione in esercizio per combinazioni QUASI PERMANENTI
$\sigma_t < 0.35 \times f_{ctk} =$	0.9275	MPa	Tensione massima di trazione per combinazioni RARE (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A – par. 2.6.2.2.2)
$\sigma_t < 0.045 \times f_{ck} =$	2.025	MPa	Tensione principale di trazione nella fibra baricentrica per combinazioni RARE (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A – par. 2.6.2.2.2)

3.3 ACCIAIO PER C.A. (ARMATURA ORDINARIA)

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		
$\gamma_s =$	1,15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} =$	391,3	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	200000	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0,196%		deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50%		deformazione caratteristica ultima

3.4 ACCIAIO PER ARMATURE DI PRECOMPRESSIONE

$f_{ptk} \geq$	1860	MPa	tensione caratteristica di rottura
$f_{p(1)k} \geq$	1670	MPa	tensione caratteristica allo 1% di deformazione
$\gamma_s =$	1,15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$E_s =$	195000	MPa	Modulo elastico di progetto
$\sigma_s < 0.90 \times f_{p(1)k} =$	1503	MPa	Tensione massima trefolo in fase iniziale
$\sigma_s < 0.80 \times f_{ptk} =$	1488	MPa	Tensione massima trefolo in fase iniziale
$\sigma_s < 0.80 \times f_{ptk} =$	1488	MPa	Tensione massima trefolo in fase finale con cadute di tensione

Per il calcestruzzo si adotta il diagramma parabola rettangolo definito da un arco di parabola con la seguente equazione:

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

$$\sigma_c = f_{cd} \cdot \left[2 \cdot \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right) - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^2 \right];$$

per: $\varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2}$

$$\sigma_c = 0.85 \cdot f_{cd};$$

per: $\varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2}$

in cui ε_{c2} e ε_{cu2} assumono i seguenti valori:

deformazione in corrispondenza del valore massimo della tensione
deformazione unitaria a rottura

$$\varepsilon_{c2} = 2.0\text{‰}$$

$$\varepsilon_{cu2} = 3.5\text{‰}$$

Per l'acciaio B450C Si adotta il diagramma elastico perfettamente plastico considerando, in favore di sicurezza, un limite della deformazione unitaria ultima "ε_{ud}" pari a: deformazione unitaria ultima ε_{ud} = 0.9×ε_{uk} = 6.75%.

Per l'acciaio armonico si adotta il diagramma elasto-plastico incrudente considerando, in favore di sicurezza, un limite della deformazione unitaria ultima "ε_{ud}" pari a:

deformazione unitaria ultima

$$\varepsilon_{ud} = 1.0\text{‰}.$$

La tensione limite del primo tratto è assunta pari a $(0.9 \times f_{ptk})/\gamma_s = f_{p(1)k}/\gamma_s$ mentre la tensione limite di rottura è assunta pari a f_{ptk}/γ_s .

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	8

4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

4.1 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (VN), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (CU)

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $VN = 75$ anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità $V < 250$ Km/h"). Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_u = 1.5$.

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_n per il coefficiente d'uso C_u , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$ anni

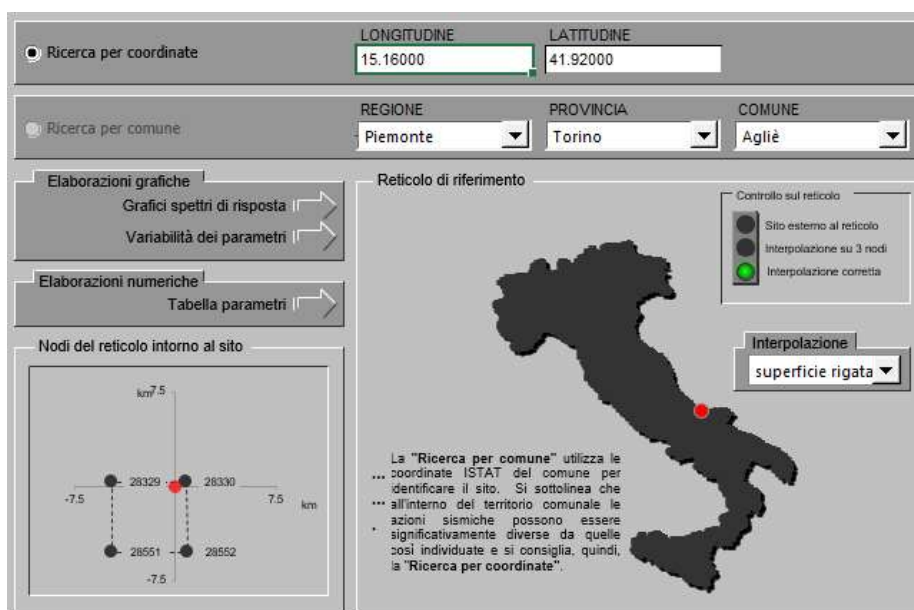
4.2 PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 17-01-2018, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / V_R) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

In base a quanto indicato nella caratterizzazione sismica del sito riportata nella relazione geotecnica, si ha:

- Categoria sottosuolo **C**

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 17.01.18, si ottiene per il sito in esame:



LONGITUDINE: 15.16000
LATTITUDINE: 41.92000

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".

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001	REV B

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N	<input type="text" value="75"/>	info
Coefficiente d'uso della costruzione - c_U	<input type="text" value="1.5"/>	info
Valori di progetto		
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R	<input type="text" value="112.5"/>	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="68"/> SLD - $P_{VR} = 63\%$ <input type="text" value="113"/>	
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$ <input type="text" value="1068"/> SLC - $P_{VR} = 5\%$ <input type="text" value="2193"/>	
Elaborazioni Grafici parametri azione Grafici spettri di risposta Tabella parametri azione		
Strategia di progettazione 		
LEGENDA GRAFICO ---□--- Strategia per costruzioni ordinarie ---■--- Strategia scelta		

I valori delle caratteristiche sismiche (a_g , F_0 , T_C^*) per gli stati limite di normativa sono dunque:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO		0.071	2.498	0.313
SLD	113	0.089	2.534	0.324
SLV	1068	0.224	2.482	0.352
SLC	2193	0.293	2.461	0.358

- a_g → accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
 F_0 → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
 T_C^* → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
 S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T).

Si riportano nelle immagini seguenti gli spettri di risposta in termini di accelerazioni elastiche e di accelerazioni di progetto (ottenuti considerando un fattore di struttura $q=1.5$, CD"B").

L'analisi sismica è stata svolta in campo lineare mediante l'analisi dinamica modale con spettri di risposta considerando come masse partecipanti esclusivamente quelle associate al peso proprio degli elementi strutturali ed ai carichi fissi non strutturali.

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	10

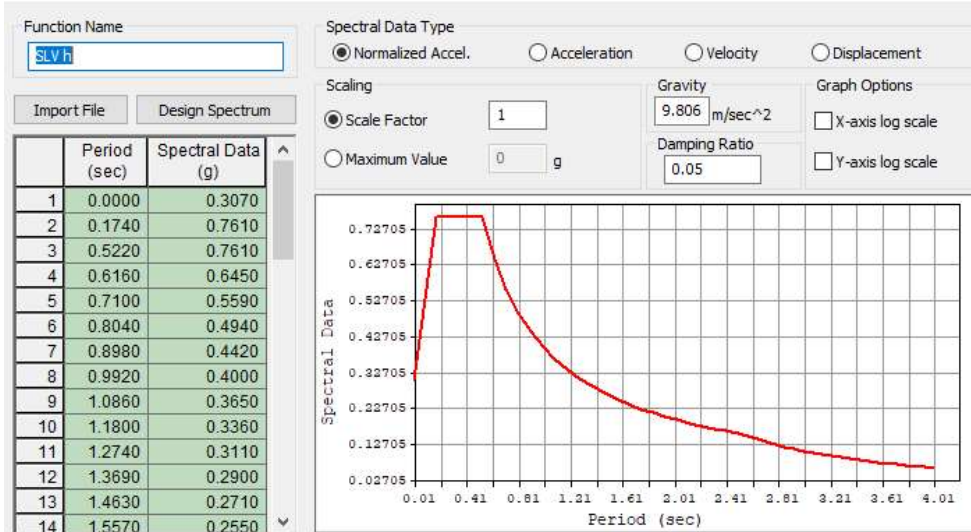


Figura 1 – Spettro in termini di accelerazione orizzontale SLV Elastica

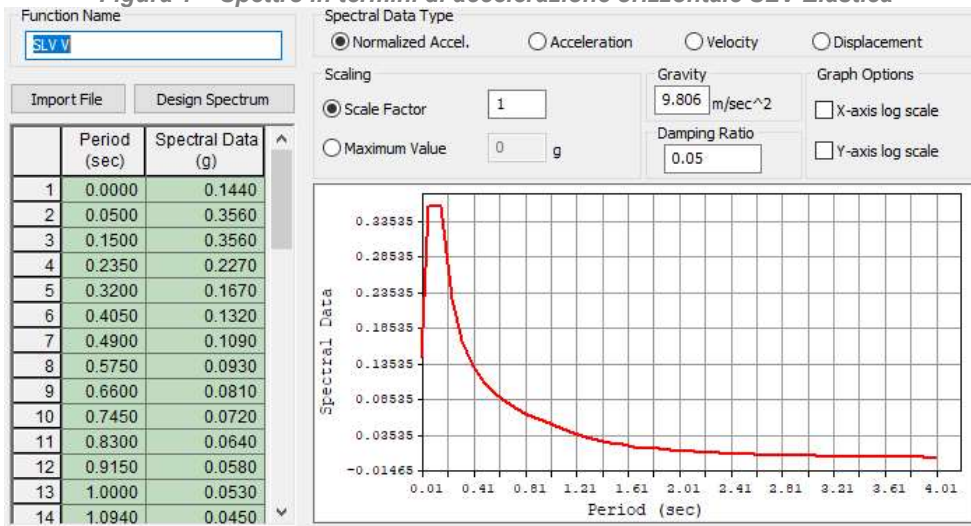


Figura 2 – Spettro in termini di accelerazione verticale SLV Elastica

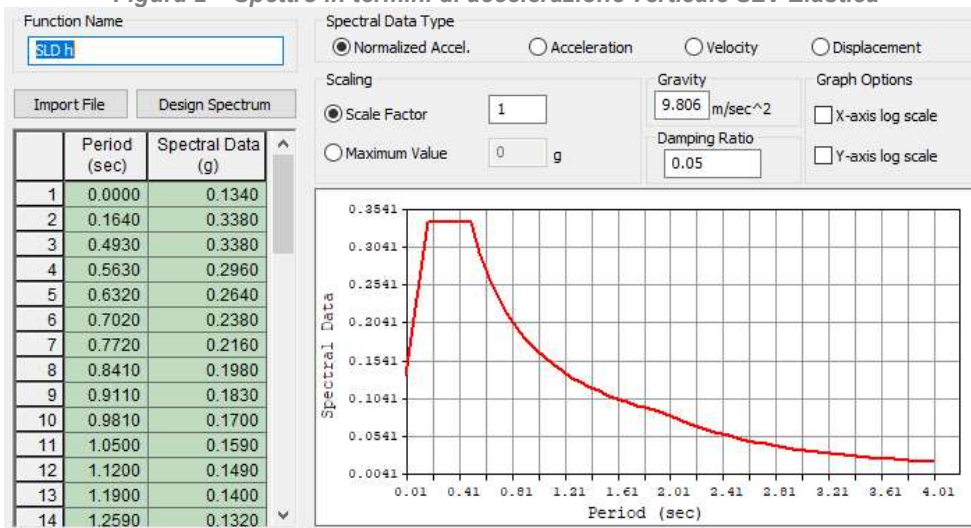


Figura 3 – Spettro in termini di accelerazione orizzontale SLD Elastica

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	11

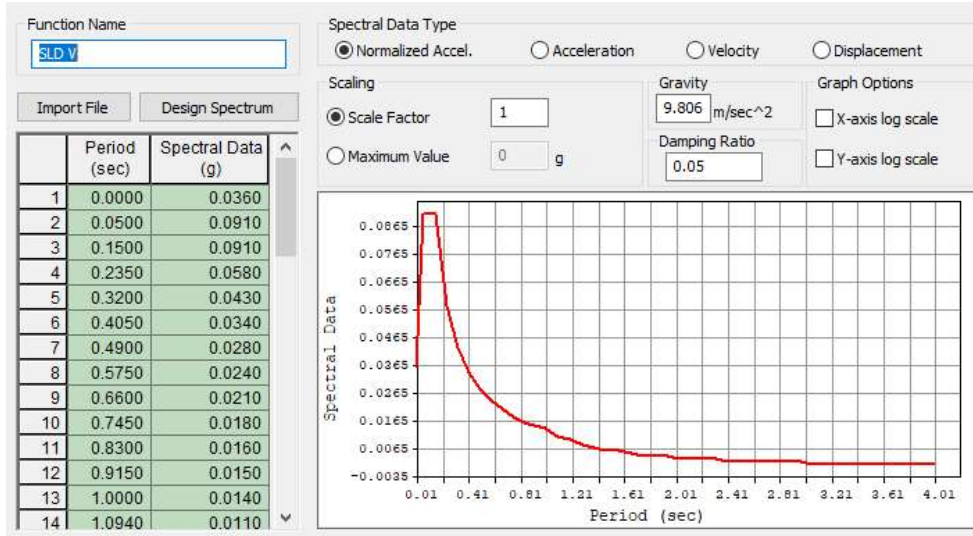


Figura 4 – Spettro in termini di accelerazione verticale SLD Elastica

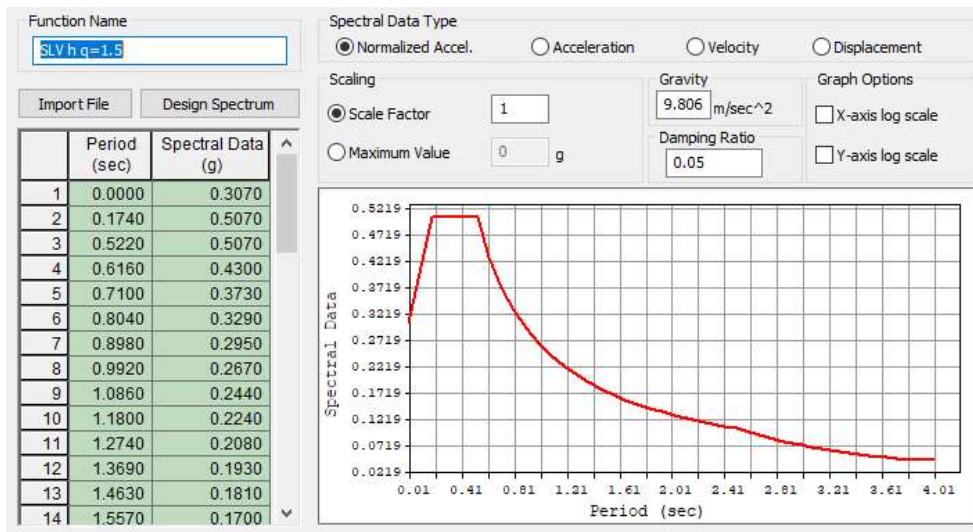


Figura 5 – Spettro in termini di accelerazione orizzontale SLV di progetto (q=1.5)

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	12

5. DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'impalcato oggetto della presente relazione, è realizzato con un sistema di travi prefabbricate in cemento armato precompresso. Lo schema statico è quello di una trave semplicemente appoggiata alle estremità di luce netta pari a circa 22.80 m (da appoggio a appoggio). L'impalcato calcolato è caratterizzato da una larghezza complessiva pari a 12.20 m (di cui 8.50 m relativi alla carreggiata stradale).

La struttura dell'impalcato si compone con cassoncini prefabbricati in c.a.p., aventi un interasse di 2,00 m e lunghezza pari a 23.80 m. Le travi principali sono solidarizzate da 4 traversi (2 sull'asse-appoggi e 2 in campata) prefabbricati insieme alle travi.

Le travi hanno un'altezza costante pari a 1.40 m, una larghezza superiore di 2.00 m ed inferiore di 1.00 m. Lo spessore minimo della parte inferiore della trave è di 0.23 m mentre quello delle anime è di 0.14 m. La soletta di completamento in cemento armato ha uno spessore variabile tra 0.27÷0.36 m (compresa la predalla in cls con spessore 0.05m).

La precompressione è data da 42 trefoli con sezione da 0,6" (1,39cmq), alcuni opportunamente inguainati, tesati alla tensione iniziale di 1350 MPa.

I trasversi saranno armati in opera con barre tipo Diwidag.

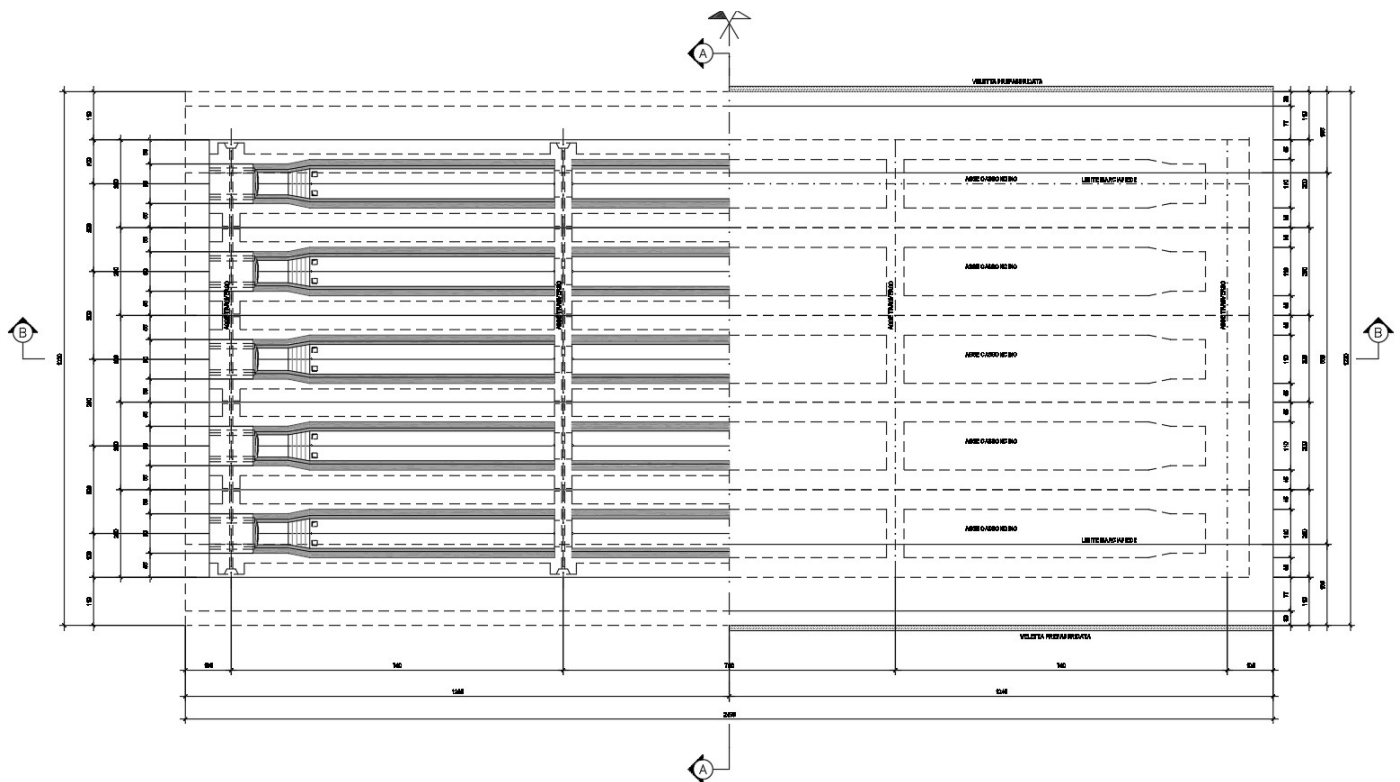


Figura 6 – Pianta dell'impalcato

IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	13

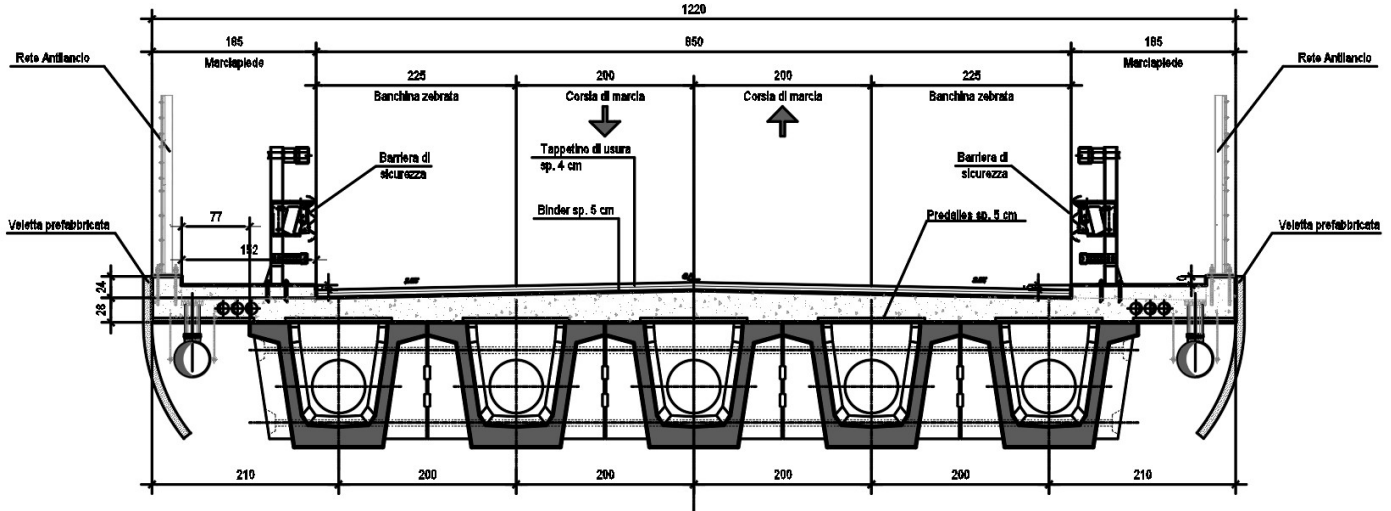


Figura 7 – Sezione tipica trasversale dell'impalcato

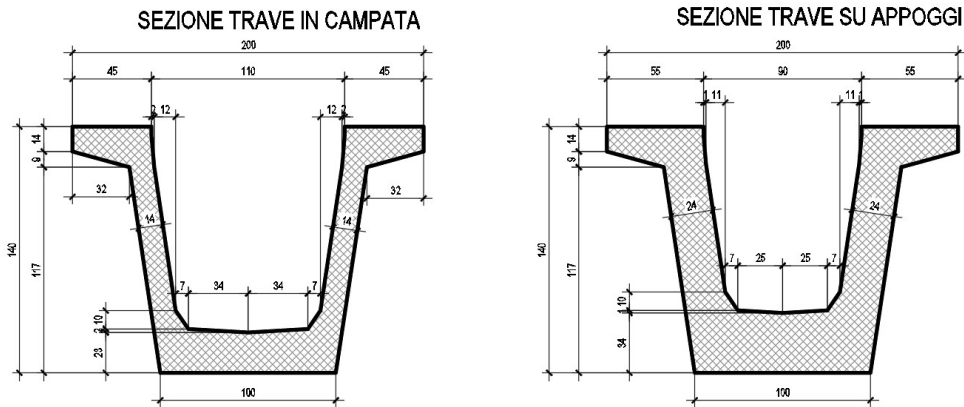


Figura 8 – Sezione della trave in c.a.p.

Lo schema di vincolo dell'impalcato prevede cinque apparecchi di appoggio per ognuna delle estremità, con schema globale di tipo fisso — unidirezionale; lo schema si ripete analogo per ogni campata.

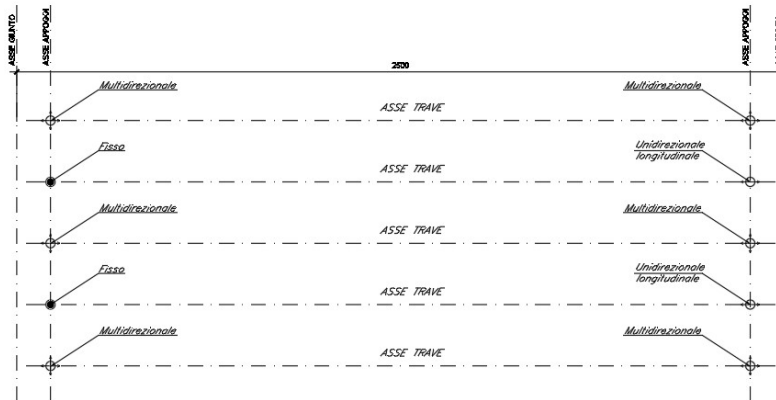


Figura 9 – Schema degli apparecchi di appoggio

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	14

5.1 ESECUZIONE DEL MANUFATTO

Le travi e i traversi vengono realizzati in stabilimento mediante il getto del calcestruzzo in casseforme metalliche, vibrato ad alta frequenza per la compattazione e trattato con ciclo termico. La precompressione delle travi è realizzata mediante la pretensione di trefoli, a tiro multiplo, sulle piste di confezionamento prevedendo la posa in opera di guaine per la quota parte dei trefoli che verranno in seguito tagliati: si provvederà inoltre a sfilare da apposite cassette i tratti di armatura non aderente, con successiva iniezione dei condotti e sigillatura delle cassette.

I traversi vengono armati in opera con barre tipo diwidag.

La soletta in cemento armato è prevista gettata in opera utilizzando delle predalle in c.a. aventi spessore di 5 cm. Una volta disposte le predalle si provvede alla posa dell'armatura trasversale integrativa e dell'armatura longitudinale di ripartizione e quindi si esegue il getto a spessore definitivo.

6. ANALISI DEI CARICHI

6.1 PESO PROPRIO (G1)

Il carico delle strutture in c.a. e c.a.p. viene valutato considerando un peso di volume pari a 25 kN/mc. Il peso di tutti gli elementi strutturali (travi, soletta, pile, spalle, ecc.) è applicato automaticamente dal codice di calcolo utilizzato agli elementi "beam" del modello agli elementi finiti dell'impalcato, avendo opportunamente definito le dimensioni ed il peso per unità di volume di tutti gli elementi discretizzati.

6.2 PERMANENTI PORTATI (G2)

Sono stati considerati i seguenti contributi da applicare alle travi di competenza

6.2.1 Pavimentazione – G2-Pa

Si considera il peso specifico della pavimentazione pari a 22 kN/m³ e uno spessore di 9 cm. Il peso al metro quadrato è pari a 22x0.09 = 1.98 kN/m². Il carico è applicato alla larghezza di competenza di ciascuna trave.

$$t = 0.09 \text{ m}$$

$$\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$$

Trave centrale:	G2-Pa=	3.96 kN/m
Trave laterale:	G2-Pa=	2.48 kN/m

Dove la larghezza di competenza per le travi centrali è pari a 2m, mentre per quelle laterali pari a 1.25m

6.2.2 Parapetto e barriere di sicurezza – G2-Pp e G2-Ba

Si considera il peso del parapetto pari a 1.0 kN/m.

Si considera il peso della barriera di sicurezza pari a 1.5 kN/m.

6.2.3 Veletta in c.a. – G2-V

Si considera il peso della veletta in c.a. pari a 25x0.1894 = 4.74 kN/m.

6.2.4 Massetto per pendenze– G2-Sp

Lo spessore della soletta considerata nel calcolo e modellata è pari a 20cm. Essendo lo spessore della soletta variabile, si è considerato nei calcoli il carico eccedente rimanente dovuto alla pendenza trasversale presente. Questo carico viene applicato alle travi centrali. Il valore di tale carico sulle travi laterali è trascurabile.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001	REV B

$$A_{MAS} = 0.59 \text{ m}^2$$

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$nr_{\text{-travi cent.}} = 3$$

Trave centrale: **G2-Sp** = 4.92 kN/m

6.2.5 Marciapiedi gettati in seconda fase – G2-C

I marciapiedi vengono realizzati con getto di seconda fase sulla soletta. Lo spessore del getto di seconda fase è indicato nella figura seguente.

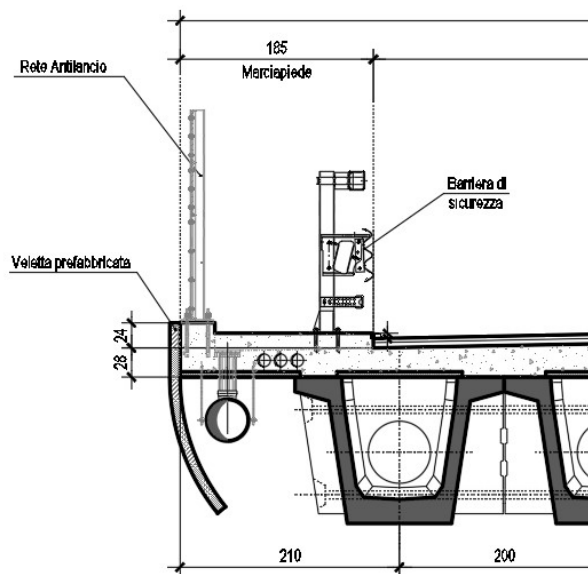


Figura 10 – Marciapiede gettato in seconda fase

Le forze da applicare sono:

$$A_{CORD} = 0.345 \text{ m}^2$$

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$G2-C = 8.63 \text{ kN/m}$$

6.3 PRESOLLECITAZIONI DI PROGETTO (P)

La precompressione è data da 42 trefoli con sezione da 0,6" (1,39cmq) , alcuni opportunamente inguainati, tesati alla tensione iniziale di 1350 MPa.

trefoli : 6/10" area = 139,000 [mm²]

acciaio : prec.fpk=1860

tensione di tesatura = 135000,00 [N/cm²]

Al tiro, la presollecitazione è dunque pari a: $N_p = 7881.3 \text{ kN}$.

Rispetto al baricentro della sezione "tipo" della trave (escludendo la soletta) il cavo risultante ha una eccentricità pari a circa $e = 32 \text{ cm}$, da cui si ha: $M_p = 7881.3 \cdot 0.32 = 2522 \text{ kNm}$.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	16

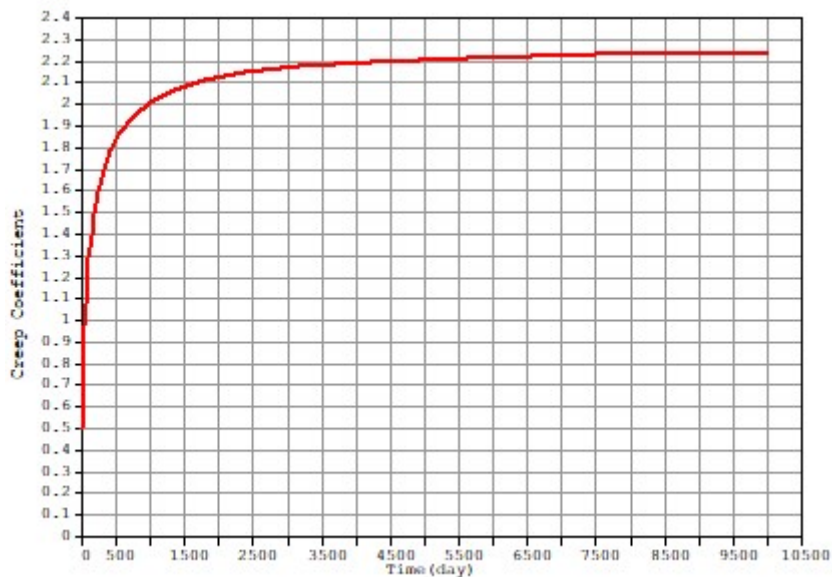
La forza di presollecitazione non è uniforme sull'intero sviluppo della trave in quanto nelle sezioni prossime alle testate alcuni trefoli risultano inguainati e dunque inattivi. Analogamente, il momento dovuto all'eccentricità del cavo risultante è variabile sia per effetto dell'inguainamento dei trefoli sia per effetto della variabilità della sezione resistente della trave (in prossimità degli appoggi).

6.4 AZIONI INDIRETTE

6.4.1 Effetti dipendenti dal tempo ($\square 1, \epsilon 4$)

Gli effetti dipendenti dal tempo che influenzano il comportamento meccanico dei materiali utilizzati sono presi in considerazione in accordo alla normativa Europea.

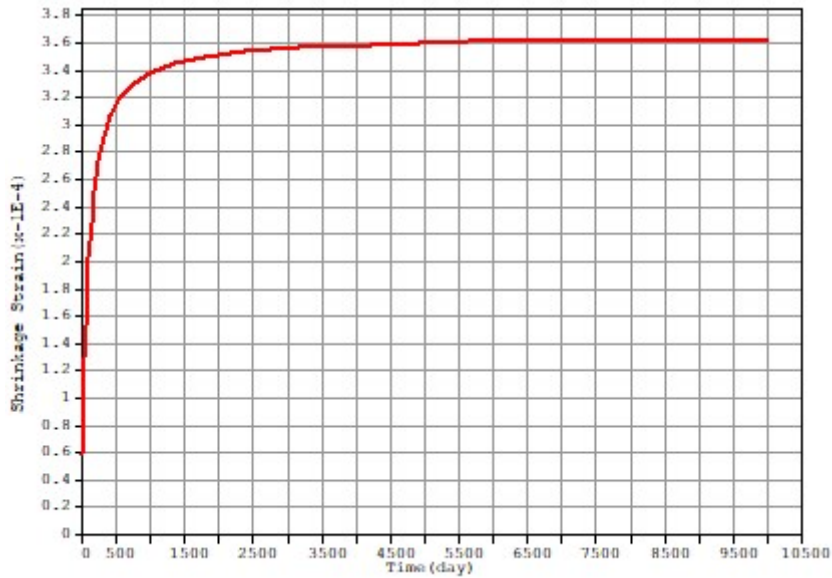
Si considera l'evoluzione del ritiro, della viscosità e della resistenza del calcestruzzo per tutti gli elementi costituenti l'impalcato oggetto di calcolo. Nei grafici seguenti vengono mostrate le curve di variazione di tali effetti durante la vita della struttura.



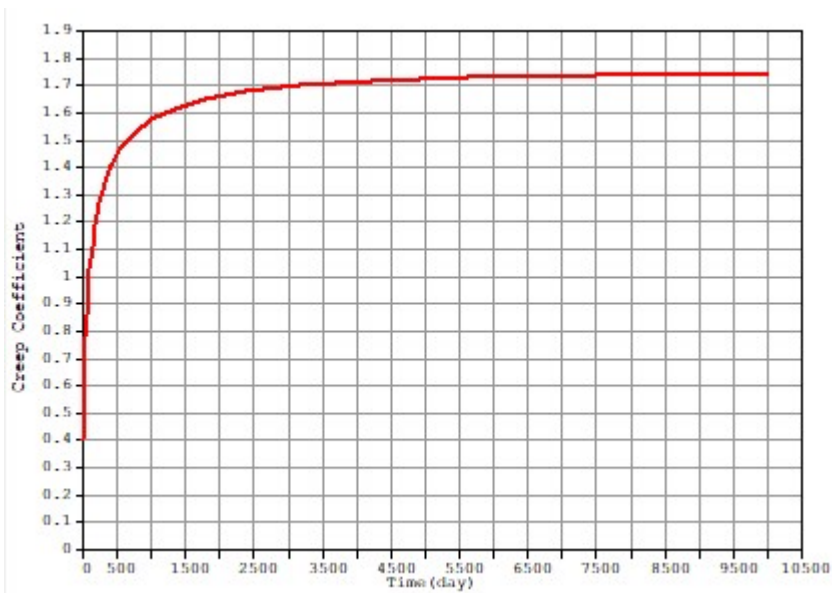
C32/40 Coefficiente di viscosità

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	17



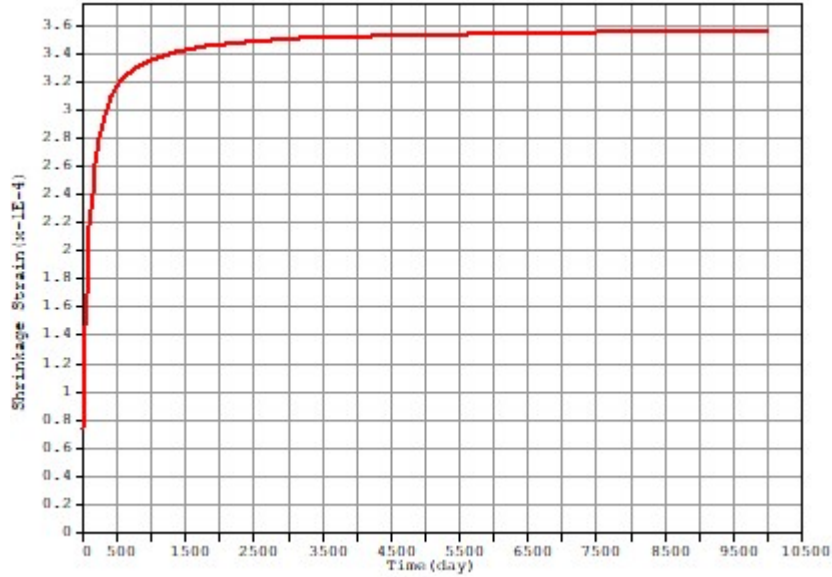
C32/40 Coefficiente di ritiro



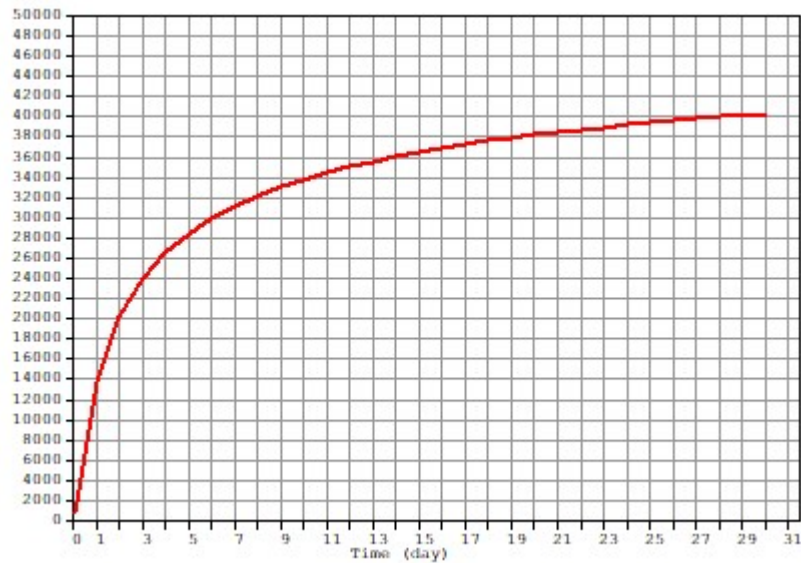
C45/55 Coefficiente di viscosità

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	18



C45/55 Coefficiente di Ritiro



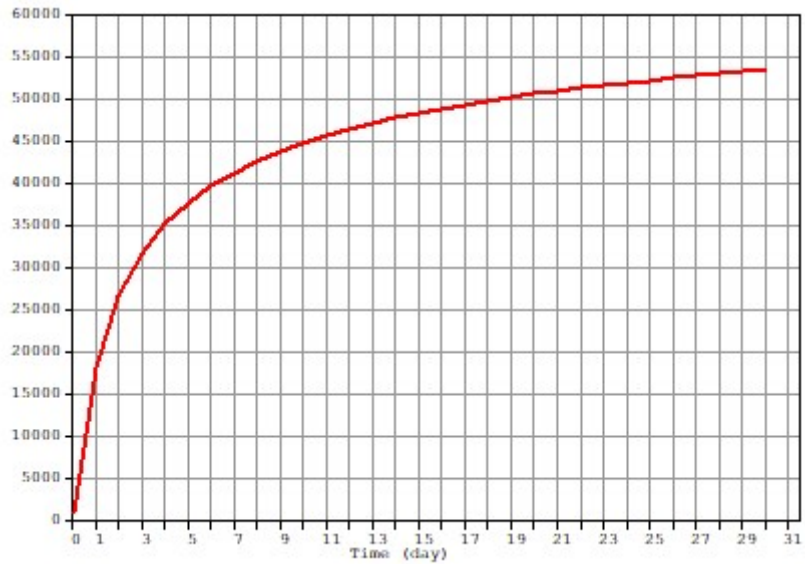
C32/40 Resistenza a compressione

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	19



C45/55 Resistenza a compressione

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

6.5 AZIONI VARIABILI (Q)

6.5.1 Carico mobile stradale (Q1,1 – Q1,2)

In accordo con la normativa vigente le azioni variabili da traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dallo schema di carico 1 ovvero lo schema costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0.40m, e da carichi uniformemente distribuiti. Si considera un solo carico tandem (non segmentabile) per corsia disposto in asse alla stessa;

6.5.2 Entità dei carichi mobili – Schema di carico 1

In accordo con la normativa vigente i carichi mobili associati allo schema di carico in esame sono:

- **Corsia 1** ⇒ colonna di carico costituita da un carico tandem “ $2 \times Q_{1k}$ ” da **600 kN** totali su due assi aventi le caratteristiche indicate nella figura sottostante e da uno o più tratti di carico superficiale uniformemente distribuito “ $q_{1,k}$ ” da **9.0 kPa** disposti, ai fini del calcolo delle strutture principali, in asse alla corsia nel modo più sfavorevole;
- **Corsia 2** ⇒ colonna di carico costituita da un carico tandem “ $2 \times Q_{2k}$ ” da **400 kN** totali su due assi aventi le caratteristiche indicate nella figura sottostante e da uno o più tratti di carico superficiale uniformemente distribuito “ $q_{2,k}$ ” da **2.5 kPa** disposti, ai fini del calcolo delle strutture principali, in asse alla corsia nel modo più sfavorevole;
- **Corsia 3** ⇒ colonna di carico costituita da un carico tandem “ $2 \times Q_{3k}$ ” da **200 kN** totali su due assi aventi le caratteristiche indicate nella figura sottostante e da uno o più tratti di carico superficiale uniformemente distribuito “ $q_{3,k}$ ” da **2.5 kPa** disposti, ai fini del calcolo delle strutture principali, in asse alla corsia nel modo più sfavorevole;
- **Corsia 4** ⇒ area rimanente della carreggiata caricata solo con uno o più tratti di carico superficiale uniformemente distribuito “ $q_{4,k}$ ” da **2.5 kPa** disposto, ai fini del calcolo delle strutture principali, in asse all'area caricata nel modo più sfavorevole.

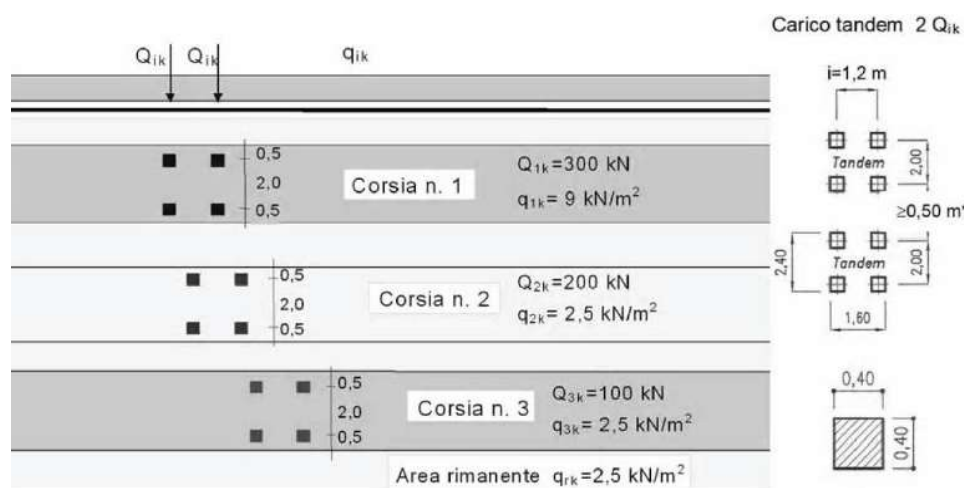


Figura 11 – Corsie: Corsia n°1, corsia n°2 e corsia n°3– Colonne di carico

Esclusivamente per le verifiche locali, si utilizza lo Schema 2, costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m e di altezza 0,35 m. Nel caso sia più gravoso, si considera il peso di una singola ruota da 200 KN.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

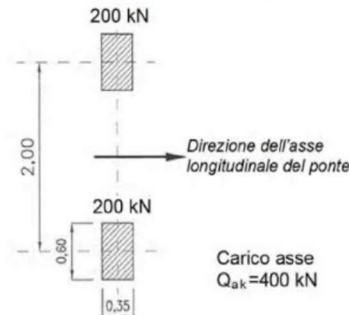


Figura 12: Schema di carico 2 per verifiche locali

6.5.3 Disposizione trasversale dei carichi mobili

Il numero massimo delle colonne di carichi mobili considerato nel calcolo del ponte è quello massimo compatibile con la larghezza della carreggiata w secondo le indicazioni della tabella 5.1.I del DM 2008 di seguito riportata.

Tab. 5.1.I - Numero e larghezza delle corsie

Larghezza della superficie carrabile "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5,40$ m	$n_1 = 1$	3,00	$(w - 3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0$ m	$n_1 = 2$	$w/2$	0
$6,0 \text{ m} \leq w$	$n_1 = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_1)$

La larghezza della carreggiata è pari a 9 metri, la larghezza di una corsia convenzionale è pari a 3.0 m pertanto il numero massimo delle corsie convenzionali è pari a 3.

Si riporta di seguito la disposizione più gravosa per la trave più sollecitata (trave laterale SX)

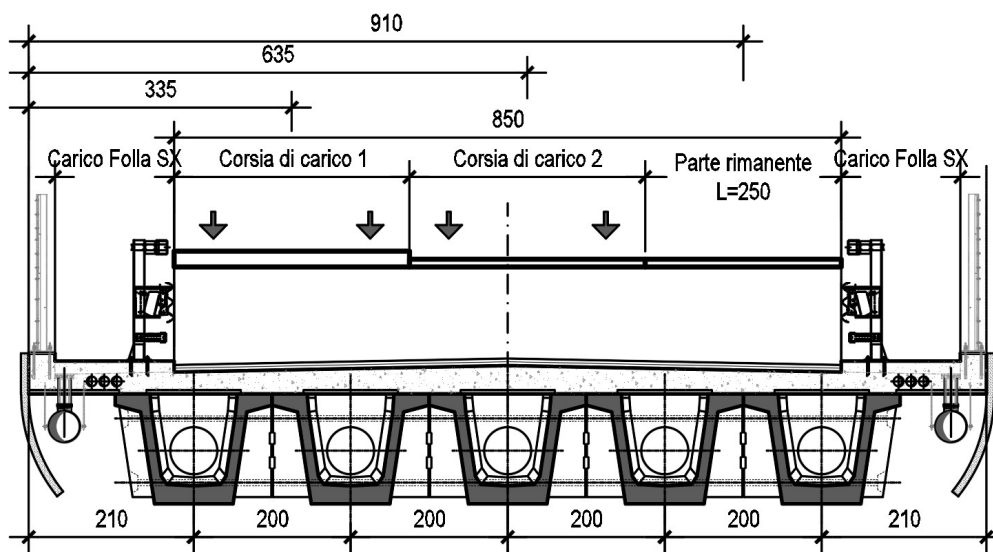


Figura 13 – carichi agenti

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

6.5.4 Disposizione longitudinale dei carichi mobili

Per il calcolo delle sollecitazioni massime sull'impalcato si considerano i carichi accidentali viaggianti secondo il criterio delle linee d'influenza.

6.5.5 Carichi sui marciapiedi (Q1)

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 5 kN/m² con valore di combinazione pari a 2.5 kN/m² (§ 5.1.3.3.3 NTC08).

6.5.6 Forza centrifuga (Q3)

Non si considera la forza centrifuga poiché l'impalcato è in rettilineo.

6.5.7 Frenatura (Q4)

In accordo al *DM2008* (p.to 5.1.3.5) la forza di frenatura o accelerazione per i ponti di prima categoria è assumere pari a:

$$180 \text{ kN} \leq F_{\text{fren}} = 0.6 \times (2 \times Q_{1k}) + 0.1 \times (q_{1k} \times w_1 \times L) \cong 0.6 \times 2 \times 300 + 0.1 \times (9 \times 3 \times 25) = 427.5 \text{ kN} < 900 \text{ kN}$$

con

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN};$$

$$w_1 = 3.0 \text{ m};$$

$$q_{1k} = 9.0 \text{ kN/m}^2;$$

$$L = 25.0 \text{ m}.$$

Tale forza applicata in asse all'impalcato e ad estradosso pavimentazione, genera sollecitazioni assolutamente trascurabili sull'impalcato; per tale ragione è considerata solo per il dimensionamento dei dispositivi di appoggio.

6.5.8 Urto del veicolo in svio sulla barriera sicurvia (Q6)

Sulla base delle prescrizioni normative (§ 5.1.3.10 e § 3.6.3.3.2 – NTC '08), l'urto di un veicolo stradale sulle barriere sicurvia è stato modellato come un sistema di forze orizzontale applicate in corrispondenza delle barriere ad un'altezza pari alla minore tra:

$$h_1 = \text{altezza della barriera (pari a 1.5 m)} - 0.10 \text{ m} = 1.40 \text{ m};$$

$$h_2 = 1.0 \text{ m};$$

quindi $h = 1.0 \text{ m}$. La forza orizzontale è pari a 100 kN.

6.5.9 Azioni parassite dei vincoli (Q7)

Le azioni parassite dei vincoli sono stimate come forze orizzontali pari al 3% delle reazioni dovute ai carichi verticali.

La scelta del coefficiente di attrito pari al 3% è giustificata da quanto riportata in letteratura tecnica. Come illustrato dal grafico in basso l'attrito acciaio-PTFE si riduce al crescere della pressione di contatto. Per appoggi a calotta sferica i valori di progetto della pressione non sono mai inferiori ai 3kN/cm² (anzi, allo SLU si arriva anche a 9kN/cm²) quindi la scelta del coefficiente di attrito del 3% è in linea con quanto riportato in bibliografia specializzata.

Ai fini del calcolo, cautelativamente, il valore caratteristico delle forze di attrito applicate al modello di calcolo è stato calcolato considerando un incremento del 40% tenendo conto di effetti di invecchiamento e usura.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	23

Il carico medio su ciascun appoggio per effetto dei carichi fissi (ottenuto dal modello di calcolo) è pari a 620kN, da cui si ottiene una forza di attrito pari a: $Q_7=620*0.03*1.4=26.1\text{kN}$.

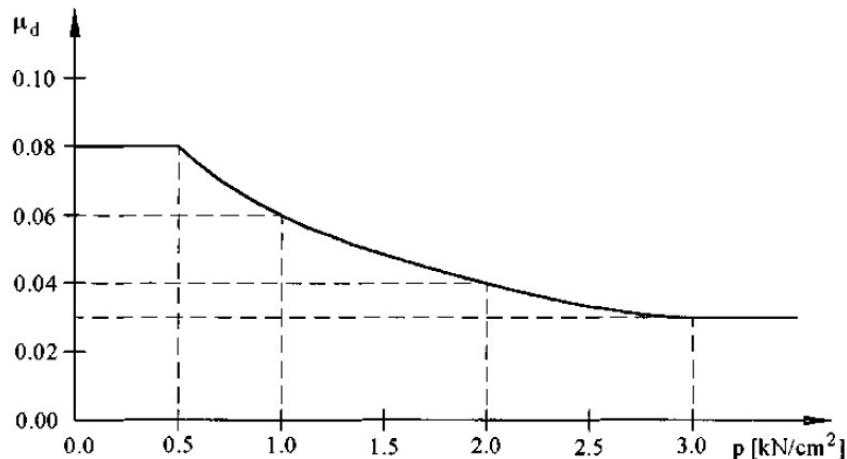


Figura 14 –variabilità coefficiente di attrito acciaio-PTFE in funzione della pressione di contatto

6.6 AZIONI CLIMATICHE

6.6.1 Variazione termica uniforme (□3)

La variazione termica uniforme è valutata secondo il § 5.2.2.5.2 delle NTC '08. Si prevede una variazione termica pari a $\pm 15^\circ\text{C}$. Per l'escursione giunti e appoggi si incrementa la variazione termica del 50%. Il valore iniziale della temperatura è stato desunto pari a 15°C .

6.6.2 Variazione termica differenziale (□3)

È stata considerata un gradiente di temperatura tra intradosso ed estradosso dell'impalcato pari a $\pm 5^\circ\text{C}$

Il valore dello sforzo normale e del relativo momento flettente associato ($N \times d$) è calcolato come:

$$N_{\Delta t} = \alpha \times E_{fess} \times A_{cls} = 1.2E-4 \times 14000 \times 0.71 = 1193 \text{ kN}$$

$$M_{\Delta t} = N_{\Delta t} \times e = 1193 \times 0.485 \text{ (valore medio)} = 578 \text{ kNm}$$

6.6.3 Ritiro differenziale trave soletta

La compressione agente per effetto del ritiro sulla singola trave corrisponde a:

$$N_r = \varepsilon_{cs} \times A_{cls} \times E_{cfess}$$

Per la valutazione del coefficiente di ritiro si fa riferimento al tempo di messa in carico della trave con il getto della soletta ipotizzato a 60g.

Al momento del getto la trave ha già scontato circa il 50% del ritiro, pertanto dalla differenza tra il coefficiente di ritiro a tempo infinito della soletta e il coefficiente di ritiro residuo della trave si ottiene il valore globale dell'azione di ritiro

$$N_r = \varepsilon_{cs} \times A_{cls} \times E_{c^\infty} = (0.302 - 0.179) \times 2.81 \times 14000 = 4838\text{kN}$$

Le diverse sezioni miste omogeneizzate hanno baricentri variabili e quindi risulta variabile la loro distanza del punto di applicazione della forza del ritiro dal baricentro della soletta.

Si considera un'eccentricità media pari a:

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	24

$$e_r = 48.5 \text{ cm}$$

Dunque sulle sezioni agisce un momento globale (da dividere per il numero di travi) pari a:

$$M_r = N_{e2} \times e_{e2} = 2346 \text{ kN m}$$

6.6.4 Vento (Q5)

L'azione del vento è valutata in accordo alla normativa vigente NTC2008.

La risposta dinamica alle azioni del vento, le azioni e gli effetti dinamici e aeroelastici dovuti al distacco dei vortici e altri fenomeni aeroelastici non caratterizzano l'opera in esame e sono pertanto ritenuti trascurabili in relazione alla tipologia strutturale in esame di impalcato "standard" con un peso ragguardevole, sagoma "tozza" e staticamente ben vincolata.

L'azione del vento è assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente al piano longitudinale del ponte

In accordo con il *DM2018* ed in relazione alle seguenti figure tabelle si ha:

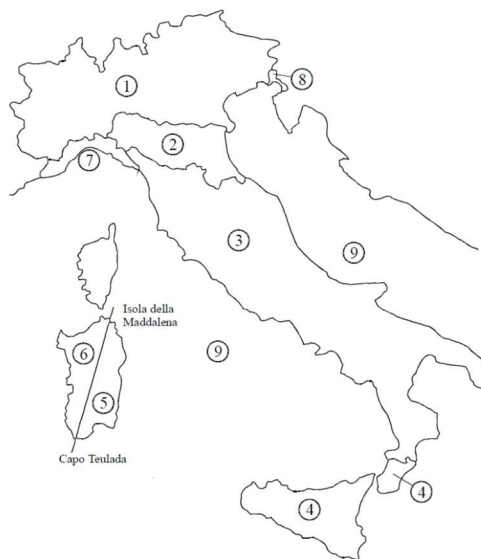


Tabella 3.3.1 - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0.010
2	Emilia Romagna	25	750	0.015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0.020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0.020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0.015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0.020
7	Liguria	28	1000	0.015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0.010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0.020

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

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

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

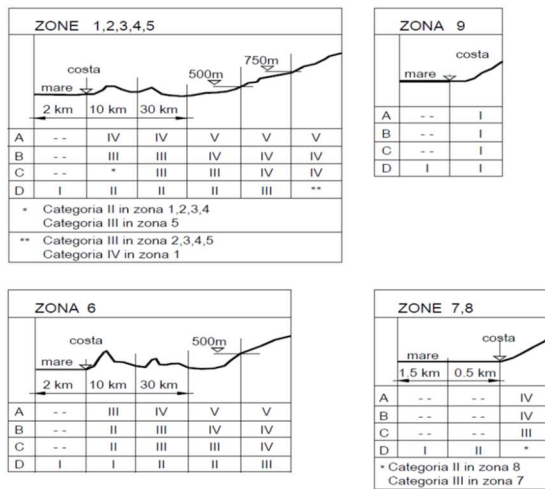


Figura 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

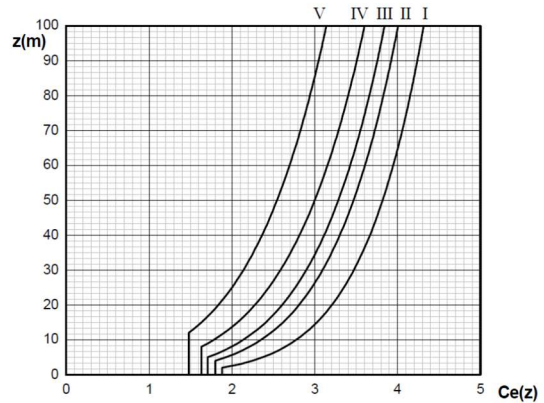


Figura 3.3.3 - Andamento del coefficiente di esposizione c_e con la quota (per $c_1 = 1$)

(Velocità di riferimento del vento)	$V_{b,o}$	27	m/s
	a_o	500	m
	k_a	0,02	1/s
Altitudine del sito dove sorge la costruzione	a_s	30	m
Pressione cinetica di riferimento	q_{ref}	456	N/mq
Categoria di esposizione		II	
	z_o	0,05	m
	z_{min}	4	m
	k_r	0,19	
Altezza di calcolo dell'azione del vento	z	20	m
Coefficiente di topografia	C_t	1,00	
Coefficiente di esposizione	$C_e(z)$	2.81	
Coefficiente dinamico	C_d	1,00	
Coefficiente di forma a ponte carico	C_f	1,48	

Dove il coefficiente di forma del ponte è dato dalla seguente formula con $d=12.40$, $h_{tot}=4.82m$ e $d/h_{tot} = 2.57$

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	26

nel caso di azione del vento sugli elementi di sezione rettangolare:

$$c_{fxo} = 2.0 \quad \text{se} \dots\dots\dots 0.1 \leq d/b \leq 0.2$$

$$c_{fxo} = 0.73 \cdot \log_{10}(d/b) + 2.51 \quad \text{se} \dots\dots\dots 0.2 \leq d/b \leq 0.7$$

$$c_{fxo} = -1.64 \cdot \log_{10}(d/b) + 2.15 \quad \text{se} \dots\dots\dots 0.7 \leq d/b \leq 5$$

$$c_{fxo} = -0.33 \cdot \log_{10}(d/b) + 1.23 \quad \text{se} \dots\dots\dots 5 \leq d/b \leq 10$$

$$c_{fxo} = 0.9 \quad \text{se} \dots\dots\dots 10 \leq d/b \leq 50$$

dove

d e b sono le dimensioni del rettangolo
nella direzione parallela e ortogonale alla direzione del vento

Azione compatibile con i carichi da traffico è pertanto pari a

$$Q_5 = 0.456 \cdot 2.81 \cdot 1.48 = 1.89 \text{ kN/m}^2$$

A vantaggio di sicurezza si assume comunque una pressione da vento pari a **2.5 kN/mq**

Il caso di ponte carico, per cui l'altezza della superficie di impatto del vento è pari all'altezza dell'impalcato più tre metri, è evidentemente il più gravoso per gli effetti sulle travi che per le reazioni agli appoggi.

Considerando un'altezza esposta al vento pari a 4.82m (h impalcato + h veicoli), l'azione distribuita del vento è pari a $q_{w,x}=12.05\text{kN/m}$.

L'azione del vento viene applicata al modello di calcolo come un carico distribuito agente sulla trave di bordo.

Il baricentro geometrico dell'area esposta al vento ha un'eccentricità (misurata in direzione verticale) di circa 1.34m rispetto al baricentro della sezione resistente dell'impalcato; quindi, all'azione del vento si associa anche un momento torcente $M_{tw,x}=16.147\text{kNm/m}$.

Il momento torcente viene applicato alle travi come un sistema di carichi distribuiti agenti in direzione verticale; il valore ed il segno dei carichi distribuiti sono stati determinati mediante la ripartizione del momento torcente tra le travi di impalcato in funzione della loro distanza dall'asse dell'impalcato:

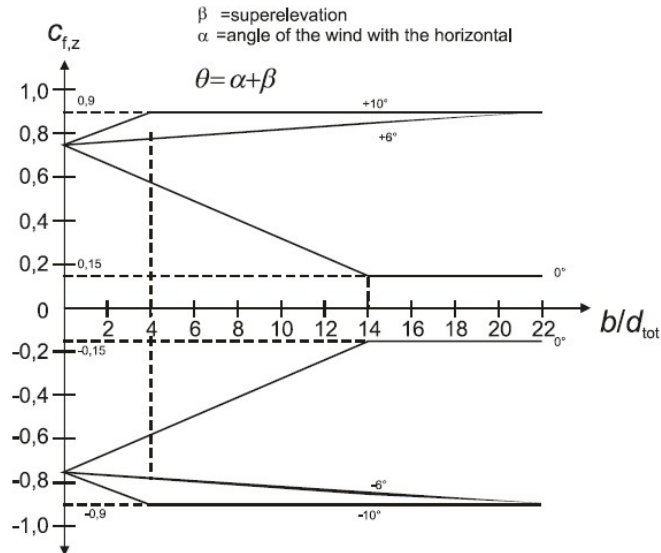
- Travi di bordo: $q_{w,mx} = +/-1.615\text{kN/m}$
- Travi intermedie: $q_{w,mx} = +/-0.81\text{kN/m}$

Componente verticale dell'azione del vento

Considerando il rapporto geometrico b/d (larghezza/altezza)=2.57 dell'impalcato, secondo quanto riportato nell'Eurocodice 1 parte 4:

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	27



Il valore del coefficiente di forza per la componente verticale è pari a: $c_{fz}=0.64$.
Da cui si ha una pressione del vento applicata alla superficie di impalcato pari a:
 $p_{wz}=q_{ref} \cdot C_e \cdot C_{fz}=0.456 \cdot 2.81 \cdot 0.64=+/-0.82\text{kPa}$

Moltiplicando la pressione per la larghezza di impalcato si ottiene il carico risultante per metro lineare:
 $q_{wz}=0.81 \cdot 12.4 = 10.17\text{kN/m}$

La risultante delle pressioni/depressioni verticali del vento si considera applicata (in accordo con l'Eurocodice) con un'eccentricità $b/4=12.4/4=3.1\text{m}$ rispetto all'asse dell'impalcato dando luogo a un momento torcente:

$$M_{tz}= 10.17 \cdot 3.1=31.53\text{kNm/m}$$

Il carico verticale risultante si considera ripartito equamente tra le travi di impalcato; quindi su ciascuna trave agisce: $q_{wz,i}=2.54\text{kN/m}$

A tale carico si sovrappongono gli effetti del momento torcente che, come visto in precedenza, viene applicato alle travi come un sistema di carichi distribuiti agenti in direzione verticale:

- Travi di bordo: $q_{w,mx}= +/-3.15\text{kN/m}$
- Travi intermedie: $q_{w,mx}= +/-1.58\text{kN/m}$

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

7. COMBINAZIONI DI CARICO

Si riportano di seguito le combinazioni di carico utilizzate nei calcoli. Ai fini delle verifiche agli stati limite, in accordo con le NTC08, si definiscono le seguenti combinazioni di:

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{G3} G_3 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot \gamma_{Q3} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- *Combinazione RARA, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:*

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- *Combinazione QUASI PERMANENTE, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:*

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- *Combinazione SISMICA, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica:*

$$E + G_1 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Nelle combinazioni per le verifiche allo stato limite di esercizio (SLE), ovvero quelle rare, frequenti e quasi permanenti, si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 . Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguite facendo riferimento allo stato limite ultimo di tipo strutturale STR ovvero per il raggiungimento della resistenza ultima negli elementi strutturali.

Nello specifico si ottengono

LIST OF LOAD COMBINATIONS

NUM	NAME	ACTIVE	TYPE	LOADCASE(FACTOR) +	LOADCASE(FACTOR) +	LOADCASE(FACTOR)
1	G SLU	Active	Add	G1(1.350) +	G2(1.500)	
2	G SLE	Active	Add	G1(1.000) +	G2(1.000)	
3	SLU1	Active	Add	G SLU(1.000) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(1.350)	Schema 1(1.350) + Wind x (Q5)(0.900) +	Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(0.900)
4	SLU2	Active	Add	G SLU(1.000) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(1.350)	Schema 1(1.350) + Wind x (Q5)(-0.900) +	Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(-0.900)
5	SLU3	Active	Add	G SLE(1.000) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(1.350)	Schema 1(1.350) + Wind x (Q5)(0.900) +	Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(0.900)
6	SLU4	Active	Add			

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	29

	G SLE(1.000) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(1.350)	Schema 1(1.350) + Wind x (Q5)(-0.900) +	Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(-0.900)

7	SLU5 Active Add	G SLU(1.000) + Ritiro(1.200) + Fren (Q3)(1.350) +	Schema 1 freq(1.350) + Wind x (Q5)(0.900) + Mob Sp(0.700)
			Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(0.900)

8	SLU6 Active Add	G SLU(1.000) + Ritiro(1.200) + Fren (Q3)(1.350) +	Schema 1 freq(1.350) + Wind x (Q5)(-0.900) + Mob Sp(0.700)
			Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(-0.900)

9	SLU7 Active Add	G SLE(1.000) + Ritiro(1.200) + Fren (Q3)(1.350) +	Schema 1 freq(1.350) + Wind x (Q5)(0.900) + Mob Sp(0.700)
			Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(0.900)

10	SLU8 Active Add	G SLE(1.000) + Ritiro(1.200) + Fren (Q3)(1.350) +	Schema 1 freq(1.350) + Wind x (Q5)(-0.900) + Mob Sp(0.700)
			Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(-0.900)

11	SLU9 Active Add	Wind x (Q5)(0.900) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(1.350)	Wind z (Q5)(0.900) + Schema 1(1.350) + G SLU(1.000)
			Res vincoli (Q9)(-0.720)

12	SLU10 Active Add	Wind x (Q5)(-0.900) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(1.350)	Wind z (Q5)(-0.900) + Schema 1(1.350) + G SLU(1.000)
			Res vincoli (Q9)(-0.720)

13	SLU11 Active Add	Wind x (Q5)(0.900) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(1.350)	Wind z (Q5)(0.900) + Schema 1(1.350) + G SLE(1.000)
			Res vincoli (Q9)(-0.720)

14	SLU12 Active Add	Wind x (Q5)(-0.900) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(1.350)	Wind z (Q5)(-0.900) + Schema 1(1.350) + G SLE(1.000)
			Res vincoli (Q9)(-0.720)

15	SLU13 Active Add	Fren (Q3)(1.350) + Res vincoli (Q9)(-0.720) + G SLU(1.000) +	Wind x (Q5)(0.900) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(0.700)
			Wind z (Q5)(0.900) Schema 1 freq(1.350)

16	SLU14 Active Add	Fren (Q3)(1.350) + Res vincoli (Q9)(-0.720) + G SLU(1.000) +	Wind x (Q5)(-0.900) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(0.700)
			Wind z (Q5)(-0.900) Schema 1 freq(1.350)

17	SLU15 Active Add	Fren (Q3)(1.350) + Res vincoli (Q9)(-0.720) + G SLE(1.000) +	Wind x (Q5)(0.900) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(0.700)
			Wind z (Q5)(0.900) Schema 1 freq(1.350)

18	SLU16 Active Add	Fren (Q3)(1.350) + Res vincoli (Q9)(-0.720) +	Wind x (Q5)(-0.900) + Ritiro(1.200) +
			Wind z (Q5)(-0.900) Schema 1 freq(1.350)

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	30

+ G SLE(1.000) + Mob Sp(0.700)			

19	SLU17	Active	Add
		G SLU(1.000) +	Schema 1 freq(1.350) +
		Ritiro(1.200) +	Wind x (Q5)(1.500) +
		Mob Sp(0.700)	Res vincoli (Q9)(0.720)
			Wind z (Q5)(1.500)

20	SLU18	Active	Add
		G SLU(1.000) +	Schema 1 freq(1.350) +
		Ritiro(1.200) +	Wind x (Q5)(-1.500) +
		Mob Sp(0.700)	Res vincoli (Q9)(0.720)
			Wind z (Q5)(-1.500)

21	SLU19	Active	Add
		G SLE(1.000) +	Schema 1 freq(1.350) +
		Ritiro(1.200) +	Wind x (Q5)(1.500) +
		Mob Sp(0.700)	Res vincoli (Q9)(0.720)
			Wind z (Q5)(1.500)

22	SLU20	Active	Add
		G SLE(1.000) +	Schema 1 freq(1.350) +
		Ritiro(1.200) +	Wind x (Q5)(-1.500) +
		Mob Sp(0.700)	Res vincoli (Q9)(0.720)
			Wind z (Q5)(-1.500)

23	SLV-X1	Active	Add
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(1.000) +
		SLV Z(0.300) +	SLVX- Sp(1.000) +
			SLV Y q=1.5(0.300)
			SLVY- Sp(0.300)

24	SLV-X2	Active	Add
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(-1.000) +
		SLV Z(0.300) +	SLVX+ Sp(1.000) +
			SLV Y q=1.5(0.300)
			SLVY- Sp(0.300)

25	SLV-X3	Active	Add
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(1.000) +
		SLV Z(0.300) +	SLVX- Sp(1.000) +
			SLV Y q=1.5(-0.300)
			SLVY+ Sp(0.300)

26	SLV-X4	Active	Add
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(-1.000) +
		SLV Z(0.300) +	SLVX+ Sp(1.000) +
			SLV Y q=1.5(-0.300)
			SLVY+ Sp(0.300)

27	SLV-X5	Active	Add
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(1.000) +
		SLV Z(-0.300) +	SLVX- Sp(1.000) +
			SLV Y q=1.5(0.300)
			SLVY- Sp(0.300)

28	SLV-X6	Active	Add
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(-1.000) +
		SLV Z(-0.300) +	SLVX+ Sp(1.000) +
			SLV Y q=1.5(0.300)
			SLVY- Sp(0.300)

29	SLV-X7	Active	Add
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(1.000) +
		SLV Z(-0.300) +	SLVX- Sp(1.000) +
			SLV Y q=1.5(-0.300)
			SLVY+ Sp(0.300)

30	SLV-X8	Active	Add
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(-1.000) +
		SLV Z(-0.300) +	SLVX+ Sp(1.000) +
			SLV Y q=1.5(-0.300)
			SLVY+ Sp(0.300)

31	SLV-Y1	Active	Add
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(0.300) +
		SLV Z(0.300) +	SLVX- Sp(0.300) +
			SLV Y q=1.5(1.000)
			SLVY- Sp(1.000)

32	SLV-Y2	Active	Add
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(0.300) +
		SLV Z(0.300) +	SLVX- Sp(0.300) +
			SLV Y q=1.5(-1.000)
			SLVY+ Sp(1.000)

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	31

33	SLV-Y3	Active	Add							
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(-0.300) +	SLV Y q=1.5(1.000)						
		SLV Z(0.300) +	SLVX+ Sp(0.300) +	SLVY- Sp(1.000)						

34	SLV-Y4	Active	Add							
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(-0.300) +	SLV Y q=1.5(-1.000)						
		SLV Z(0.300) +	SLVX+ Sp(0.300) +	SLVY+ Sp(1.000)						

35	SLV-Y5	Active	Add							
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(0.300) +	SLV Y q=1.5(1.000)						
		SLV Z(-0.300) +	SLVX- Sp(0.300) +	SLVY- Sp(1.000)						

36	SLV-Y6	Active	Add							
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(0.300) +	SLV Y q=1.5(-1.000)						
		SLV Z(-0.300) +	SLVX- Sp(0.300) +	SLVY+ Sp(1.000)						

37	SLV-Y7	Active	Add							
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(-0.300) +	SLV Y q=1.5(1.000)						
		SLV Z(-0.300) +	SLVX+ Sp(0.300) +	SLVY- Sp(1.000)						

38	SLV-Y8	Active	Add							
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(-0.300) +	SLV Y q=1.5(-1.000)						
		SLV Z(-0.300) +	SLVX+ Sp(0.300) +	SLVY+ Sp(1.000)						

39	SLV-Z1	Active	Add							
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(0.300) +	SLV Y q=1.5(0.300)						
		SLV Z(1.000) +	SLVX- Sp(0.300) +	SLVY- Sp(0.300)						

40	SLV-Z2	Active	Add							
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(0.300) +	SLV Y q=1.5(0.300)						
		SLV Z(-1.000) +	SLVX- Sp(0.300) +	SLVY- Sp(0.300)						

41	SLV-Z3	Active	Add							
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(-0.300) +	SLV Y q=1.5(-0.300)						
		SLV Z(1.000) +	SLVX+ Sp(0.300) +	SLVY+ Sp(0.300)						

42	SLV-Z4	Active	Add							
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(-0.300) +	SLV Y q=1.5(-0.300)						
		SLV Z(-1.000) +	SLVX+ Sp(0.300) +	SLVY+ Sp(0.300)						

43	ECC-1	Active	Add							
		G SLE(1.000) +	Ritiro(1.000) +	Urto ferrov x (A)(1.000)						
		Res vincoli (Q9)(1.000)								

44	ECC-2	Active	Add							
		G SLE(1.000) +	Ritiro(1.000) +	Urto ferrov y (A)(1.000)						
		Res vincoli (Q9)(1.000)								

45	ECC-3	Active	Add							
		G SLE(1.000) +	Ritiro(1.000) +	Urto ferrov x (A)(1.000)						
		Res vincoli (Q9)(-1.000)								

46	ECC-4	Active	Add							
		G SLE(1.000) +	Ritiro(1.000) +	Urto ferrov y (A)(1.000)						
		Res vincoli (Q9)(-1.000)								

47	SLE-R1	Active	Add							
		G SLE(1.000) +	Schema 1(1.000) +	Wind x (Q5)(0.600)						
		Wind z (Q5)(0.600) +	Ritiro(1.000) +	Res vincoli (Q9)(1.000)						
		Mob Sp(1.000)								

48	SLE-R2	Active	Add							

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	32

	G SLE(1.000) + Wind z (Q5)(-0.600) + Mob Sp(1.000)	Schema 1(1.000) + Ritiro(1.000) +	Wind x (Q5)(-0.600) Res vincoli (Q9)(1.000)
49	SLE_FR1 Active G SLE(1.000) + Ritiro(1.000) +	Add Schema 1 freq(1.000) + Mob Sp(0.700)	Res vincoli (Q9)(1.000)
50	SLE_QP Active G SLE(1.000) +	Add Res vincoli (Q9)(1.000)	
51	SLV-X1E Active SLVX- Sp(1.000) + SLV Y(0.300) +	Add SLVY- Sp(0.300) + SLV Z(0.300) +	SLV X(1.000) G SLE(1.000)
52	SLV-X2E Active SLVX+ Sp(1.000) + SLV Y(0.300) +	Add SLVY- Sp(0.300) + SLV Z(0.300) +	SLV X(-1.000) G SLE(1.000)
53	SLV-X3E Active SLVX- Sp(1.000) + SLV Y(-0.300) +	Add SLVY+ Sp(0.300) + SLV Z(0.300) +	SLV X(1.000) G SLE(1.000)
54	SLV-X4E Active SLVX+ Sp(1.000) + SLV Y(-0.300) +	Add SLVY+ Sp(0.300) + SLV Z(0.300) +	SLV X(-1.000) G SLE(1.000)
55	SLV-X5E Active SLVX- Sp(1.000) + SLV Y(0.300) +	Add SLVY- Sp(0.300) + SLV Z(-0.300) +	SLV X(1.000) G SLE(1.000)
56	SLV-X6E Active SLVX+ Sp(1.000) + SLV Y(0.300) +	Add SLVY- Sp(0.300) + SLV Z(-0.300) +	SLV X(-1.000) G SLE(1.000)
57	SLV-X7E Active SLVX- Sp(1.000) + SLV Y(-0.300) +	Add SLVY+ Sp(0.300) + SLV Z(-0.300) +	SLV X(1.000) G SLE(1.000)
58	SLV-X8E Active SLVX+ Sp(1.000) + SLV Y(-0.300) +	Add SLVY+ Sp(0.300) + SLV Z(-0.300) +	SLV X(-1.000) G SLE(1.000)
59	SLV-Y1E Active SLVX- Sp(0.300) + SLV Y(1.000) +	Add SLVY- Sp(1.000) + SLV Z(0.300) +	SLV X(0.300) G SLE(1.000)
60	SLV-Y2E Active SLVX- Sp(0.300) + SLV Y(-1.000) +	Add SLVY+ Sp(1.000) + SLV Z(0.300) +	SLV X(0.300) G SLE(1.000)
61	SLV-Y3E Active SLVX+ Sp(0.300) + SLV Y(1.000) +	Add SLVY- Sp(1.000) + SLV Z(0.300) +	SLV X(-0.300) G SLE(1.000)
62	SLV-Y4E Active SLVX+ Sp(0.300) + SLV Y(-1.000) +	Add SLVY+ Sp(1.000) + SLV Z(0.300) +	SLV X(-0.300) G SLE(1.000)
63	SLV-Y5E Active SLVX- Sp(0.300) + SLV Y(1.000) +	Add SLVY- Sp(1.000) + SLV Z(-0.300) +	SLV X(0.300) G SLE(1.000)

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001	REV B

64	SLV-Y6E Active	Add	
	SLVX- Sp(0.300) +	SLVY+ Sp(1.000) +	SLV X(0.300)
+	SLV Y(-1.000) +	SLV Z(-0.300) +	G SLE(1.000)

65	SLV-Y7E Active	Add	
	SLVX+ Sp(0.300) +	SLVY- Sp(1.000) +	SLV X(-0.300)
+	SLV Y(1.000) +	SLV Z(-0.300) +	G SLE(1.000)

66	SLV-Y8E Active	Add	
	SLVX+ Sp(0.300) +	SLVY+ Sp(1.000) +	SLV X(-0.300)
+	SLV Y(-1.000) +	SLV Z(-0.300) +	G SLE(1.000)

67	ENV SLU Active	Envelope	
	SLU1(1.000) +	SLU2(1.000) +	SLU3(1.000)
+	SLU4(1.000) +	SLU5(1.000) +	SLU6(1.000)
+	SLU7(1.000) +	SLU8(1.000) +	SLU9(1.000)
+	SLU10(1.000) +	SLU11(1.000) +	SLU12(1.000)
+	SLU13(1.000) +	SLU14(1.000) +	SLU15(1.000)
+	SLU16(1.000) +	SLU17(1.000) +	SLU18(1.000)
+	SLU19(1.000) +	SLU20(1.000)	

68	ENV SLV Active	Envelope	
	SLV-X1(1.000) +	SLV-X2(1.000) +	SLV-X3(1.000)
+	SLV-X4(1.000) +	SLV-X5(1.000) +	SLV-X6(1.000)
+	SLV-X7(1.000) +	SLV-X8(1.000) +	SLV-Y1(1.000)
+	SLV-Y2(1.000) +	SLV-Y3(1.000) +	SLV-Y4(1.000)
+	SLV-Y5(1.000) +	SLV-Y6(1.000) +	SLV-Y7(1.000)
+	SLV-Y8(1.000) +	SLV-Z1(1.000) +	SLV-Z2(1.000)
+	SLV-Z3(1.000) +	SLV-Z4(1.000)	

69	ENV SLVE Active	Envelope	
	SLV-X1E(1.000) +	SLV-X2E(1.000) +	SLV-X3E(1.000)
+	SLV-X4E(1.000) +	SLV-X5E(1.000) +	SLV-X6E(1.000)
+	SLV-X7E(1.000) +	SLV-X8E(1.000) +	SLV-Y1E(1.000)
+	SLV-Y2E(1.000) +	SLV-Y3E(1.000) +	SLV-Y4E(1.000)
+	SLV-Y5E(1.000) +	SLV-Y6E(1.000) +	SLV-Y7E(1.000)
+	SLV-Y8E(1.000)		

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	34

8. MODELLAZIONE ED ANALISI STRUTTURALE

8.1 SOFTWARE DI CALCOLO

In base a quanto esposto al paragrafo precedente, per una corretta analisi dell'impalcato è stato necessario implementare tre diversi modelli di calcolo.

Nel seguito si riportano le caratteristiche generali del codice di calcolo utilizzato, nonché i dati generali sul modello realizzato comprensivi della numerazione di nodi ed aste.

Le unità di misura, ove non espressamente indicate, sono le seguenti:

- lunghezze: m
- forze: kN
- coppie: kN-m
- temperature: °C
- tempo: sec

L'analisi della struttura è stata eseguita impiegando il software di calcolo impiegato è **Midas Civil versione 2022** prodotto dalla **MIDAS Information Technology Co.** e distribuito in Italia da **CSPFea**, concesso in licenza, numero CFENCIV0000768.

Midas/Gen è un programma di calcolo agli elementi finiti di tipo generale, corredato da un set di post-processor per le verifiche, che ottemperano alle disposizioni normative di svariati paesi, tra cui anche quelle degli euro codici e delle NTC 2018.

Il solutore agli elementi finiti, completamente scritto in C++, è stato sviluppato nel corso di oltre vent'anni, ed implementa tutte le tecniche più avanzate nel campo dell'analisi numerica delle strutture, consentendo di **risolvere integralmente tutte le problematiche di analisi e progettazione strutturale dalle più semplici alle più complesse.**

La libreria di elementi finiti è molto vasta e comprende beam a sezione variabile, truss resistenti a sola trazione e/o sola compressione, elementi Wall per pareti antisismiche, plate, solid, plane stress, plane strain, piastre irrigidite ortotrope, etc.

Il modello strutturale oggetto della presente nota è realizzato con elementi beam e con elementi plate

Il modello numerico che Midas utilizza per l'analisi di elementi monodimensionali è quello di Timoshenko che, oltre alla deformabilità flessionale, considera anche la deformazione per effetto della sollecitazione tagliante e risulta quindi più raffinato e completo rispetto al modello di trave di Eulero-Bernoulli più comunemente utilizzato.

E' implementato anche il calcolo della rigidezza torsionale delle travi che risulta particolarmente utile ai fini di una valutazione maggiormente aderente alla realtà delle deformazioni di strutture in carpenteria metallica (finalizzata a stabilire premonete, schemi di montaggio, ecc.).

Per quanto riguarda gli elementi "plate", si tratta di elementi bidimensionali dotati di una grossa versatilità in quanto sono adatti alla modellazione di strutture sia con comportamento a lastra che a piastra con spessori non necessariamente ridottissimi.

Dal punto di vista delle strategie numeriche di risoluzione dei sistemi di equazioni che stanno alla base del calcolo strutturale, per le analisi statiche il software si avvale dell'uso di un processore multi frontale caratterizzato da una grande velocità ed affidabilità.

Le travi principali, le pile e i traversi sono stati modellati con elementi di tipo frame.

Le spalle e le platee di fondazione sono invece modellati impiegando elementi bidimensionali di tipo "plate". I dati significativi di input ed output dei modelli sono riportati in appendice.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	35

8.1.1 Grado di affidabilità del codice

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto, che riporta, per una serie di strutture significative, i confronti tra le analisi effettuate con il codice e quelle effettuate con codici di confronto (es. SAP2000 prodotto da Computers and Structures, Inc., California). Alcuni esempi di calcolo di validazione del software sono forniti in allegato alla presente relazione di calcolo.

8.1.2 Motivazione della scelta del codice

Midas Gen permette l'analisi dettagliata del comportamento dell'intera struttura. E' possibile inoltre scegliere il grado di affinamento dell'analisi di elementi complessi utilizzando schematizzazioni via via più dettagliate.

8.2 METODO ED IPOTESI DI CALCOLO

Per il calcolo delle sollecitazioni di progetto è stato implementato un modello di calcolo globale dell'intera opera che include sia gli impalcato che le sottostrutture.

Per modellare le travi, i trasversi e la soletta si sono impiegati elementi lineari monodimensionali tipo "beam" a due nodi a comportamento elastico lineare, di caratteristiche geometriche e meccaniche tali da riprodurre l'effettiva rigidità degli elementi schematizzati; nella valutazione delle rigidità è considerato, grazie all'impegno del modello di trave di Timoshenko, anche la deformazione tagliante taglio.

La geometria del modello è tale da riprodurre l'effettiva geometria della struttura in tutte le sue parti: la disposizione delle travi, dei trasversi e della soletta ricalcano l'esatta geometria del sistema. In particolare le travi a cassoncino sono modellate considerando collaborante la porzione di soletta secondo la geometria presente. Per i trasversi centrali si considera una sezione rettangolare di altezza $H=130$ cm e spessore $b=0.40$ m; i trasversi di testata hanno una sezione rettangolare di altezza $H=130$ cm e spessore $b=0.40$ m. Il graticcio è completato dalla soletta di spessore pari a $s_{soletta} = 20$ cm (massa pari a 0) e profondità "B" pari all'interasse dei nodi degli elementi travi principali nel modello agli elementi finiti.

La rigidità degli elementi strutturali è valutata facendo riferimento alla sezione interamente reagente.

Il materiale c.a. è schematizzato come un materiale dal comportamento elastico lineare; le caratteristiche adottate sono descritte ai capitoli precedenti.

I vincoli tengono conto della tipologia di appoggi adottati: si è utilizzata per ogni appoggio un "elastic link", che impedisce lo spostamento verticale e permette e/o impedisce gli spostamenti orizzontali in funzione della diversa tipologia di appoggio.

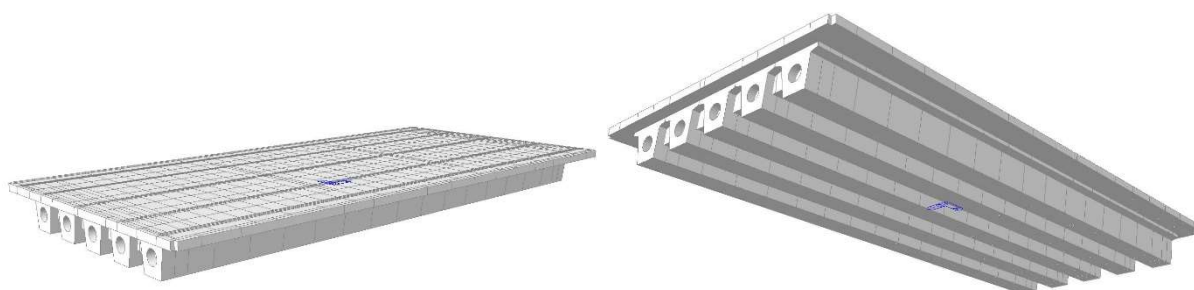


Figura 15 – Vista assometrica impalcato

L'impalcato viene realizzato con travi in semplice appoggio collaboranti tra loro grazie all'azione della soletta e dei trasversi.

In merito alle restanti parti del modello di calcolo, le pile sono modellate mediante l'impiego di elementi di tipo beam mentre le spalle e le platee di fondazione sono modellate mediante elementi bidimensionali di tipo plate.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	36

8.3 METODOLOGIA DI ANALISI

8.3.1 Analisi in condizioni non sismiche

Le analisi svolte in condizioni non sismiche sono tutte di tipo statico lineare. L'analisi per carichi mobili è stata svolta in automatico dal software impiegando la teoria delle linee di influenza e ricavando l'involuppo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali.

I risultati delle analisi in termini di distribuzioni delle sollecitazioni sono riportati nei paragrafi di verifica dei singoli elementi strutturali.

8.3.2 Analisi sismica

L'analisi dinamica lineare con spettro di risposta è la metodologia di analisi adottata per valutare il comportamento strutturale sia in termini di sollecitazioni sia in termini di spostamenti.

Nella fattispecie l'analisi dinamica con spettro consiste nelle seguenti fasi:

- Determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
- Calcolo degli effetti dell'azione sismica mediante lo spettro di risposta di progetto considerando modi di vibrare individuati;
- Combinazione degli effetti dei modi di vibrare mediante una combinazione di tipo CQC (quadratica completa).

Le sollecitazioni sismiche di progetto per gli elementi non dissipativi (impalcato, baggioli, appoggi, platee di fondazione) sono ottenute considerando gli spettri di risposta elastici; le sollecitazioni su pile, spalle e pali di fondazione sono ottenute considerando gli spettri di progetto ($q=1.5$, Classe di Duttività "B") adottando, ove necessario, gli opportuni dettagli strutturali necessari a garantire una adeguata duttilità,

8.4 SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA

- Asse X parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Y ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale
- Lunghezze = m
- Forze = kN

8.5 GEOMETRIA DEL MODELLO DI CALCOLO

Il modello strutturale è stato realizzato impiegando elementi frame per tutte le parti strutturali (fusti pile, travi impalcato, pulvini etc), elementi shell per i plinti di fondazione e le spalle, mentre gli appoggi sono stati modellati impiegando elementi link elastici.

8.5.1 Elementi strutturali

Come anticipato, tutti gli elementi strutturali sono stati modellati impiegando elementi finiti di tipo frame ai quali sono state assegnate le caratteristiche geometriche, sia in termini di lunghezza della linea d'asse sia in termini di dimensioni della sezione retta (vd. Vista estrusa del modello), ricavate dagli elaborati di progetto originali e dal rilievo geometrico dell'opera.

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	37

La struttura dell'impalcato in particolare è stata modellata a graticcio tenendo conto della presenza delle fasce di soletta e dei traversi che contribuiscono alla ripartizione trasversale dei carichi tra le travi di impalcato.

Nelle immagini successive si riportano due viste (profilo, 3D) del modello di calcolo dalle quali si osserva come esso rispecchi, sia come scansione delle luci che come altezza delle pile, la reale geometria dell'opera.

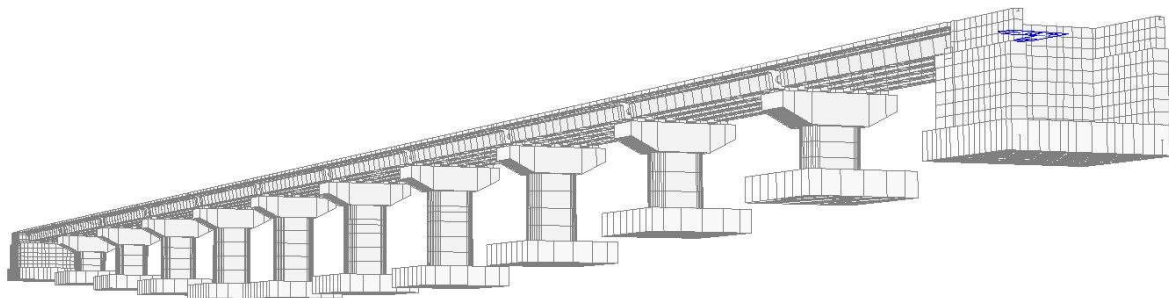


Figura 16 – Vista prospettica modello

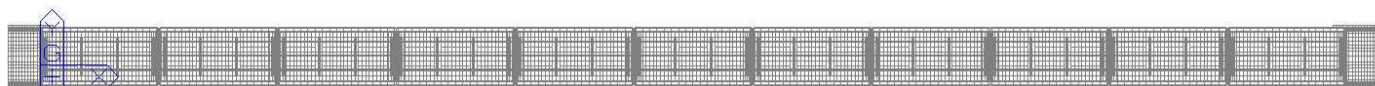


Figura 17 – Pianta impalcato



Figura 18 – Profilo

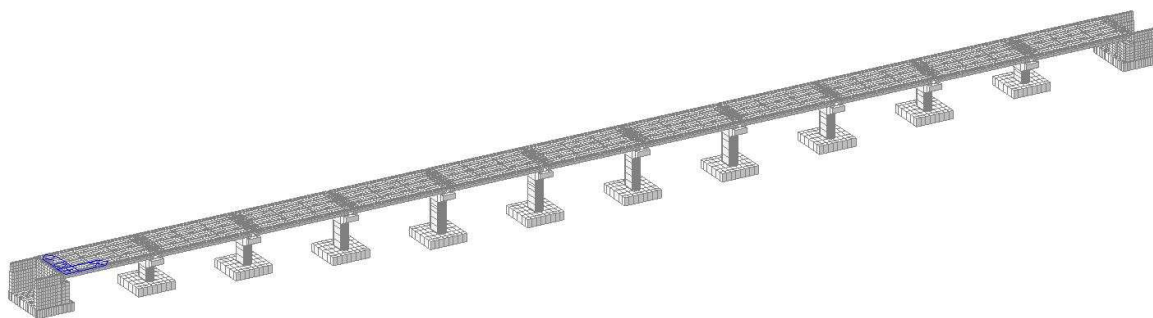


Figura 19 – Vista estrusa

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	38

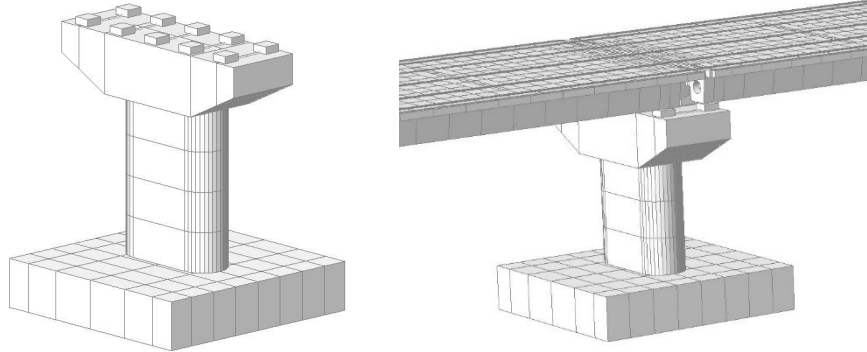


Figura 20 – Vista estrusa pila con impalcato

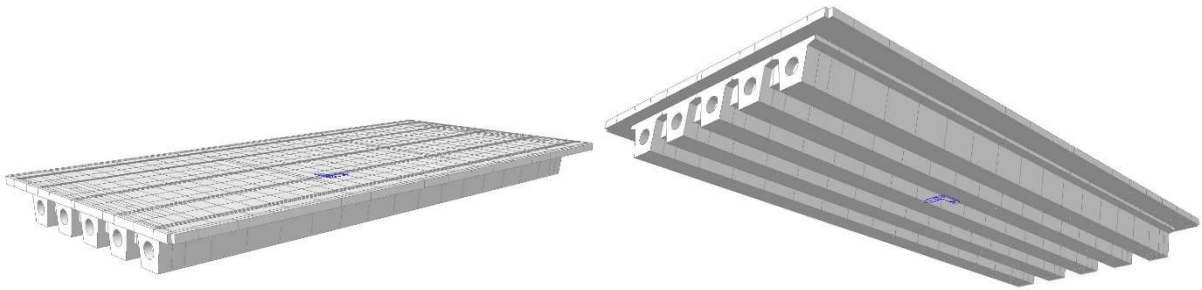


Figura 21 – Vista assometrica impalcato



Figura 22 – Vista assometrica wireframe

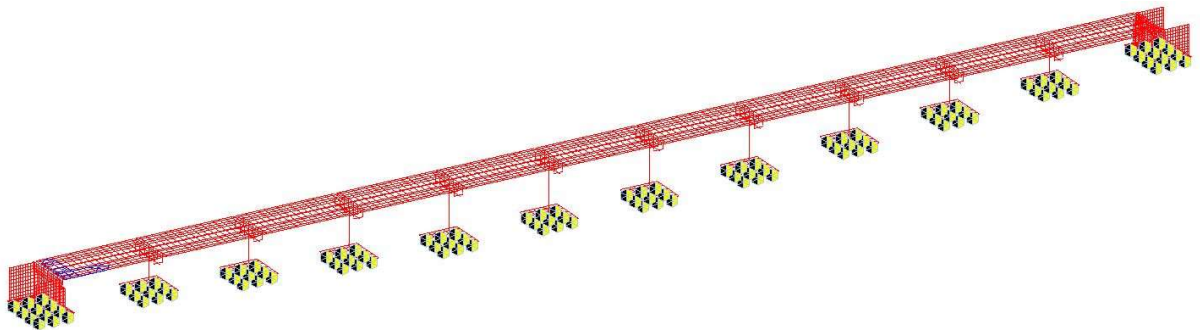


Figura 23 – Vista wireframe con vincoli

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	39

8.5.2 Vincoli esterni

Al fine di tener conto della effettiva ripartizione delle azioni in fondazione, sia per le spalle che per le pile, i pali sono stati modellati attraverso l'inserimento di vincoli elastici in corrispondenza di ciascun palo.

Le rigidezze assegnate ai vincoli sono le seguenti:

- K_z (verticale) = 1000000kN/m – corrisponde sostanzialmente alla rigidezza assiale del palo;
- $K_x=K_y$ (laterale) = 135000kN/m – valutata secondo le indicazioni riportate al capitolo 15 della relazione generale geotecnica.

8.5.3 Vincoli interni

I dispositivi di appoggio sono stati modellati sulla base delle caratteristiche meccaniche di rigidezza e dei gradi di libertà da bloccare.

I dispositivi multi-direzionali offrono una rigidezza laterale sostanzialmente nulla (a meno dell'attrito, trattato in precedenza) della superficie di scorrimento. La rigidezza assiale assegnata ai dispositivi è pari a $K_x=100000000kN/m$ in quanto si tratta di appoggi pressoché indeformabili assialmente.

Per dispositivi fissi e uni direzionali sono stati "bloccate" le traslazioni nelle direzioni dei gdl impediti assegnando una elevata rigidezza alla direzione considerata.

La rigidezza assiale assegnata ai dispositivi è pari a $K_x=10000000kN/m$ mentre la rigidezza laterale è stata considerata pari a $K_y=K_z=1000000kN/m$ per tenere in considerazione una (minima) deformabilità del dispositivo.

8.6 CARICHI E MASSE

8.6.1 Applicazione dei carichi strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali (impalcato, pulvini, pile, plinti ecc.) è stato valutato in automatico dal software di calcolo in funzione delle dimensioni delle sezioni trasversali e delle caratteristiche del materiale assegnato.

8.6.2 Applicazione dei carichi fissi non strutturali e azioni variabili

I carichi fissi non strutturali (manto, barriere, drenaggi, ecc.) sono stati assegnati come un carico uniforme agli elementi frame mediante i quali sono state modellate le strutture di impalcato. Il valore del carico distribuito è quello definito nell'analisi dei carichi.

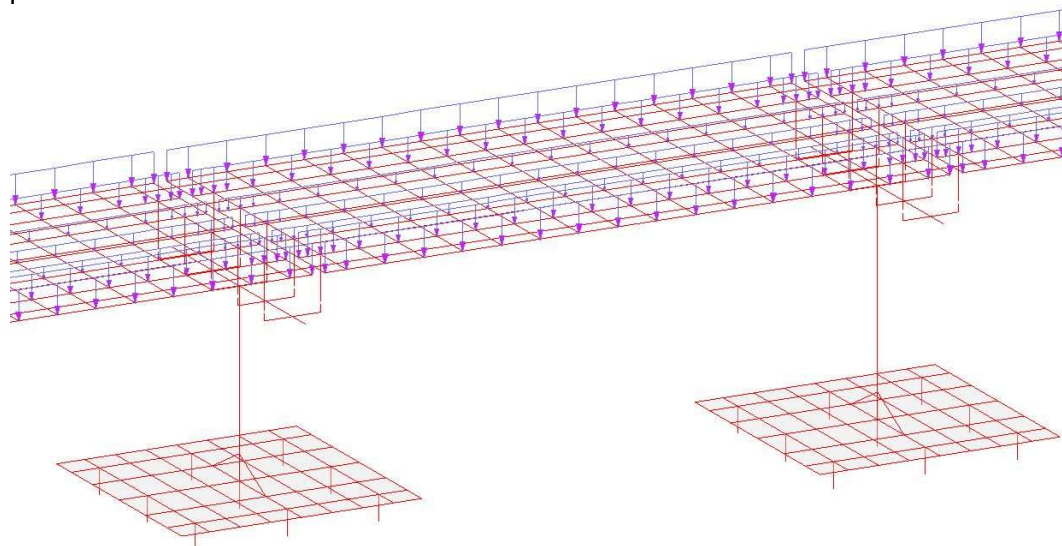


Figura 24 – Carichi G2

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	40

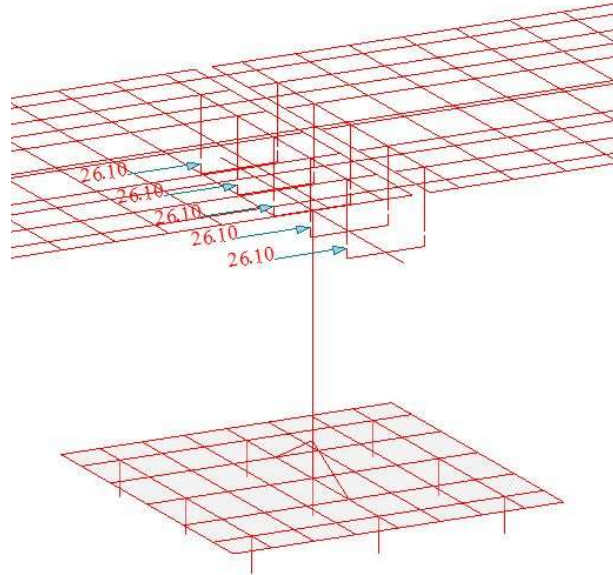


Figura 25 – Resistenza passiva vincoli (carico applicato in testa baggiolo)

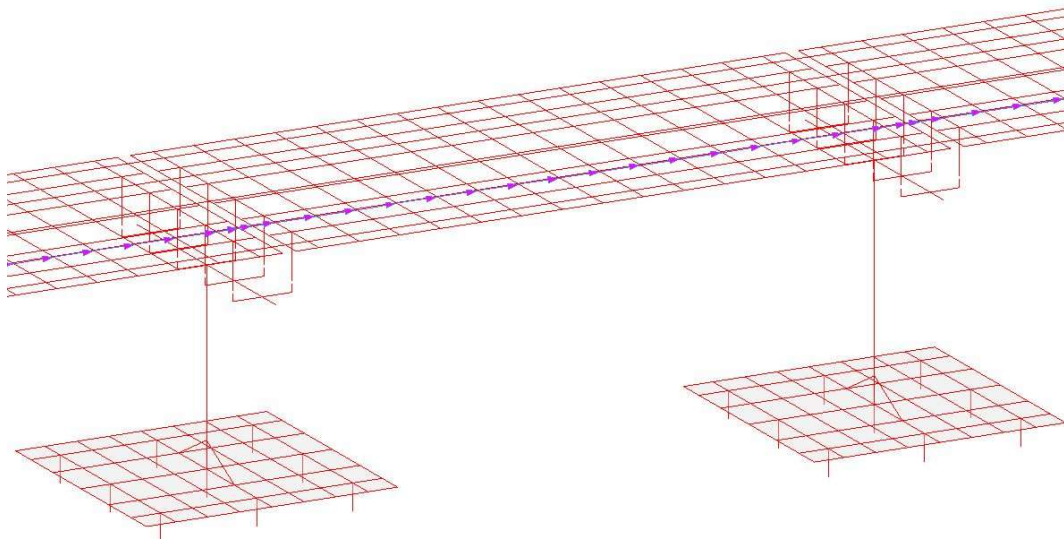


Figura 26 – Azione frenamento

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	41

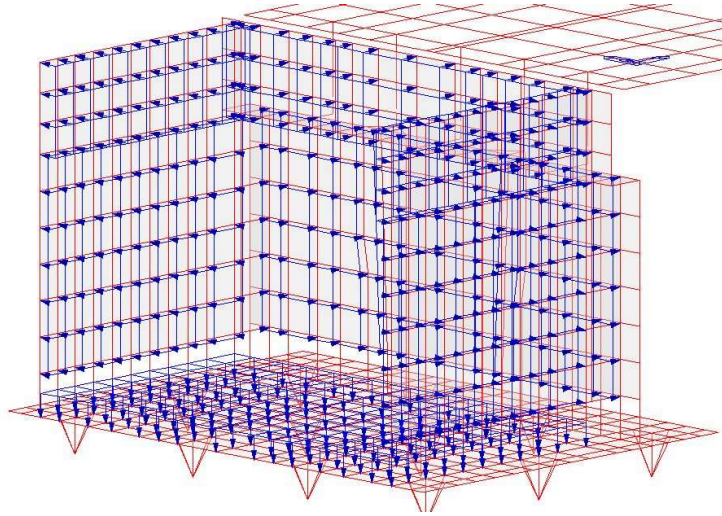


Figura 27 – Carichi mobili (e relative spinte) su spalla

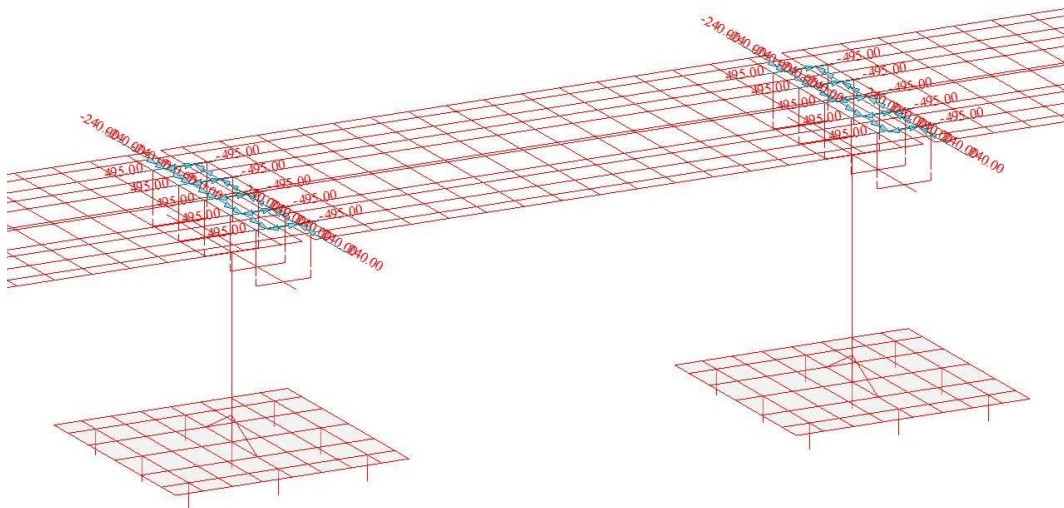


Figura 28 – Carichi ritiro

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	42

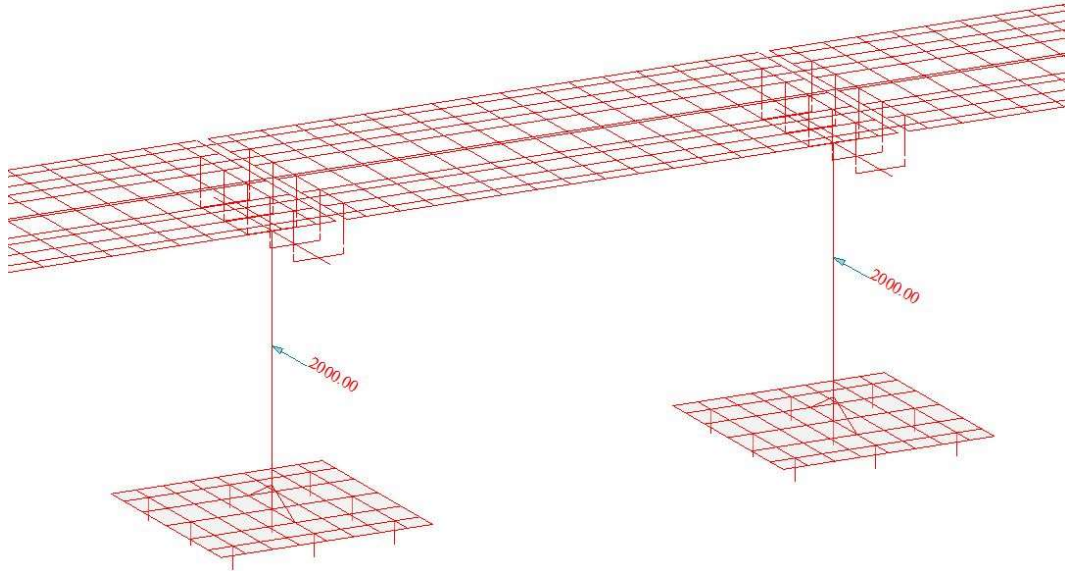


Figura 29 – Carichi urto ferroviario (componente parallela ai binari)

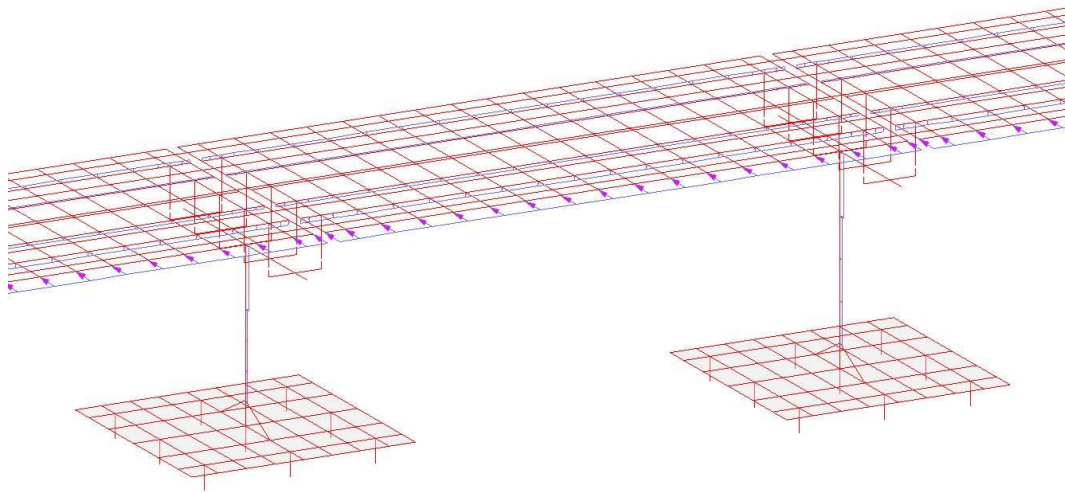


Figura 30 – Carichi vento x (inclusi effetti torcenti)

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

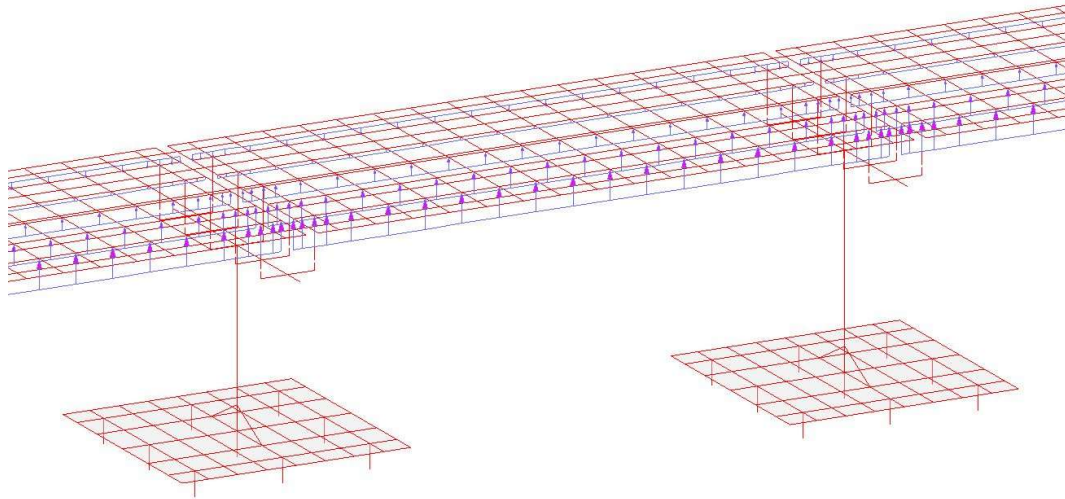


Figura 31 – Carichi vento z (inclusi effetti torcenti)

8.6.3 Masse sismiche

La massa degli elementi strutturali (impalcato, pulvini, pile, plinti ecc) e quella relativa ai carichi fissi non strutturali (massetto, manto, barriere, ecc) è stata valutata in automatico dal software di calcolo in funzione dei carichi da peso proprio e dei carichi (G2) applicati.

L'azione sismica sulle spalle oltre che dalle forze di inerzia legate all'accelerazione delle masse strutturali e del terreno di riempimento viene applicata anche sotto forma di sovra-spinte sismiche calcolate mediante il metodo di Mononobe-Okabe. Vengono differenziate (ai fini delle combinazioni di carico) le sovra-spinte sismiche in direzione longitudinale (x, positive e negative) ed in direzione trasversale (y, positive e negative).

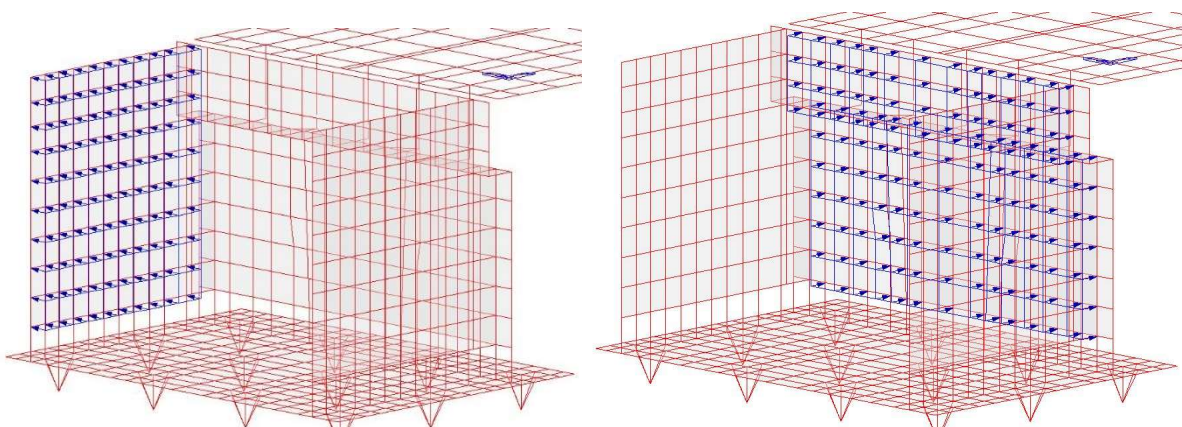


Figura 32 – Sovraspinte sismiche applicate alla Spalla A: SLVY+ (sx) e SLVX+(dx)

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

9. RISULTATI DELLE ANALISI

Nei paragrafi successivi sono riportati i principali risultati dell'analisi strutturale dell'opera espressi in termini di distribuzioni delle sollecitazioni e deformate in condizioni non sismiche e sismiche.

9.1 PRINCIPALI DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi delle sollecitazioni per le principali azioni caratteristiche e combinazioni di carico.

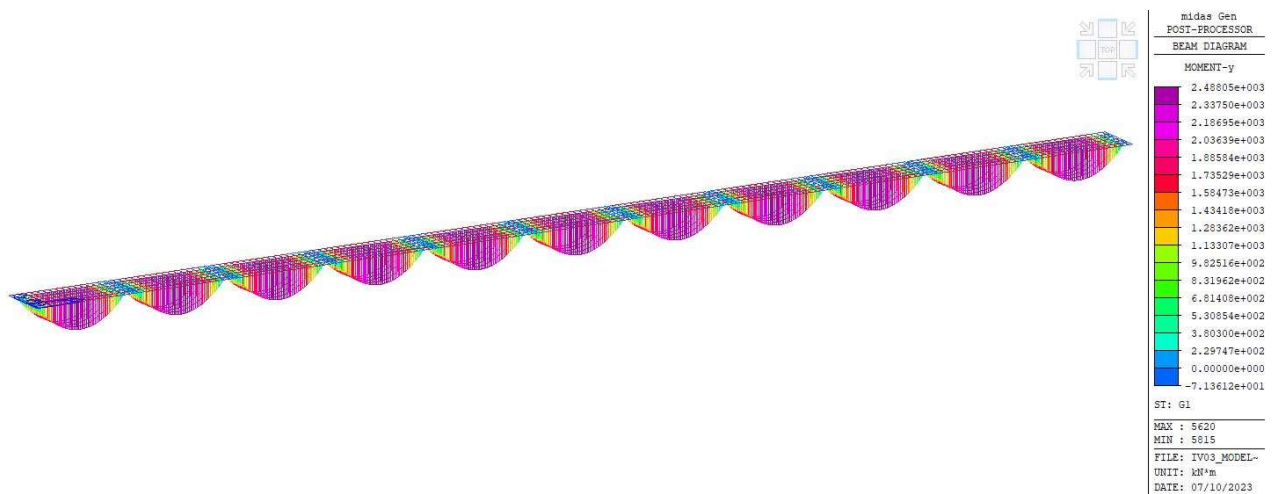


Figura 33 – Momento flettente G1 (pp + getto sol)

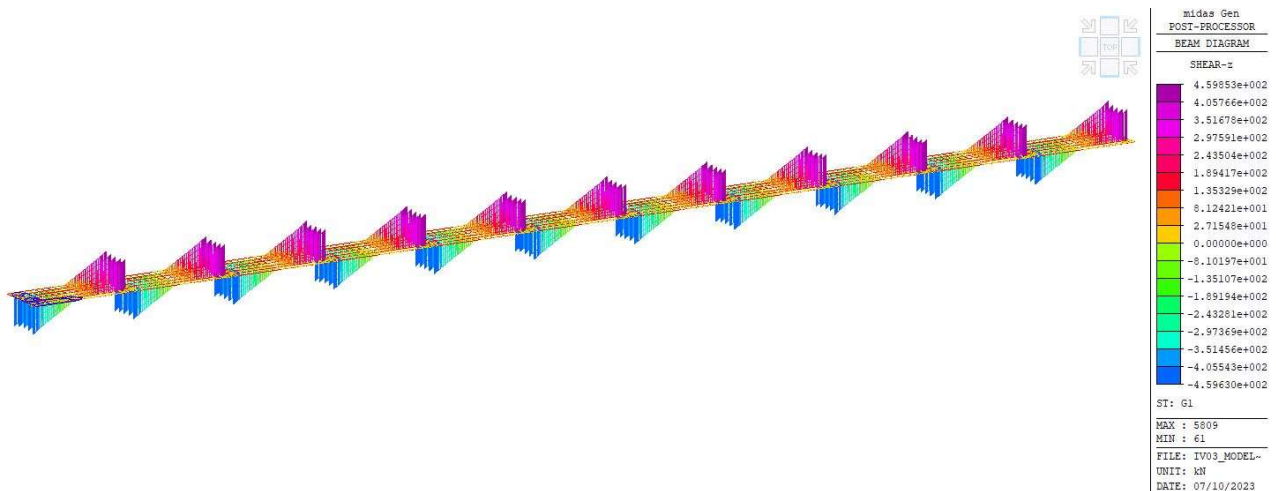


Figura 34 – Taglio G1 (pp + getto sol)

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	45

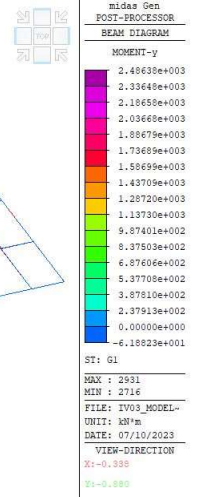
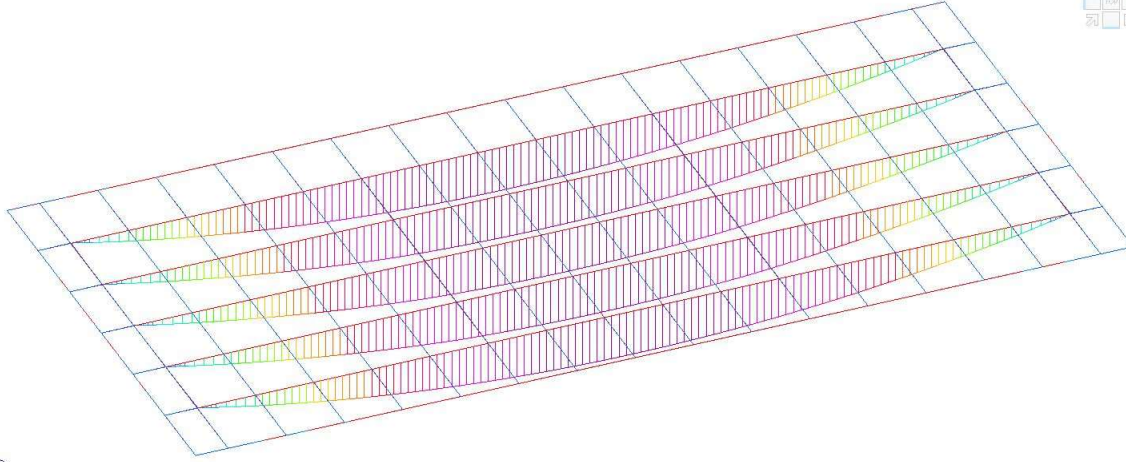


Figura 35 – Momento flettente G1 (pp + getto sol)

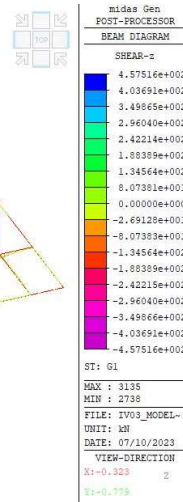
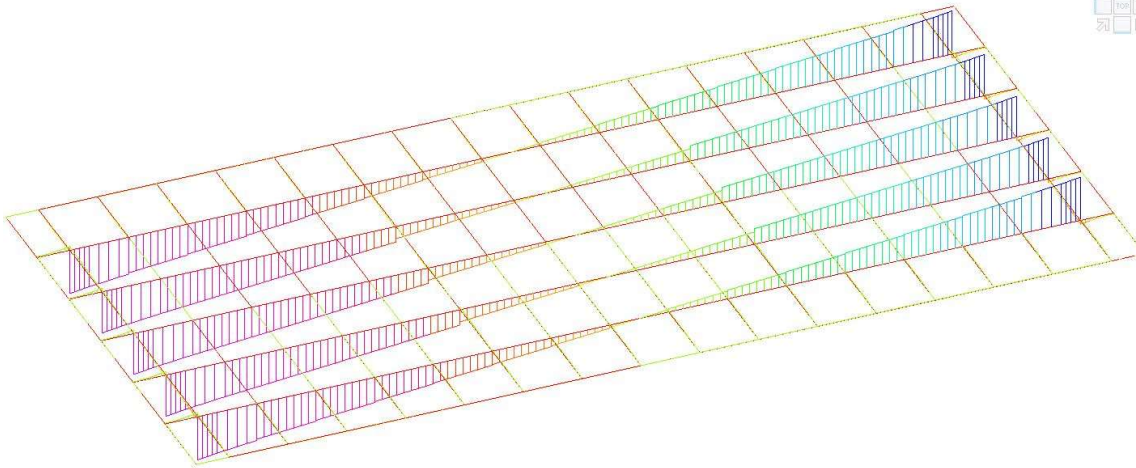


Figura 36 – Taglio G1 (pp + getto sol)

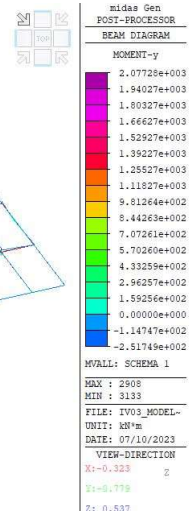
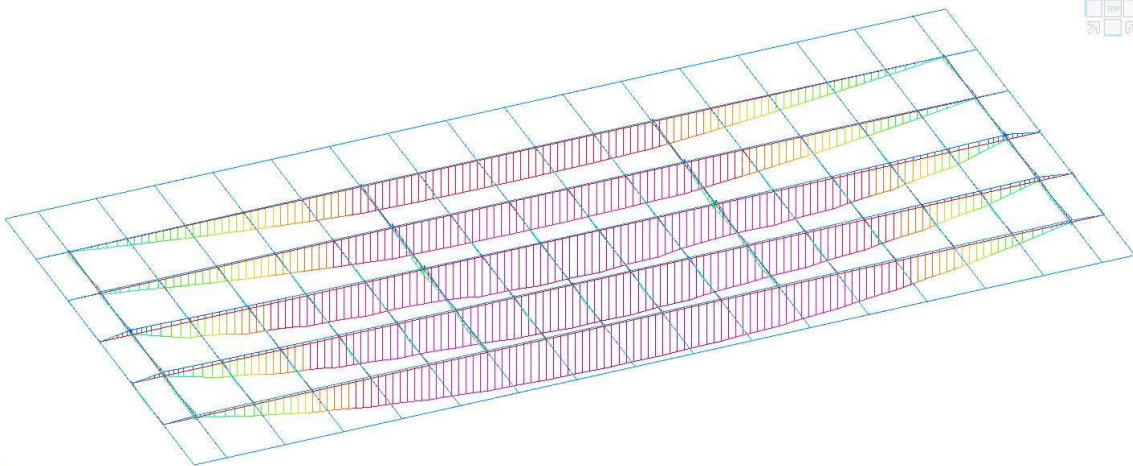


Figura 37 – Momento flettente carichi mobili

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	46

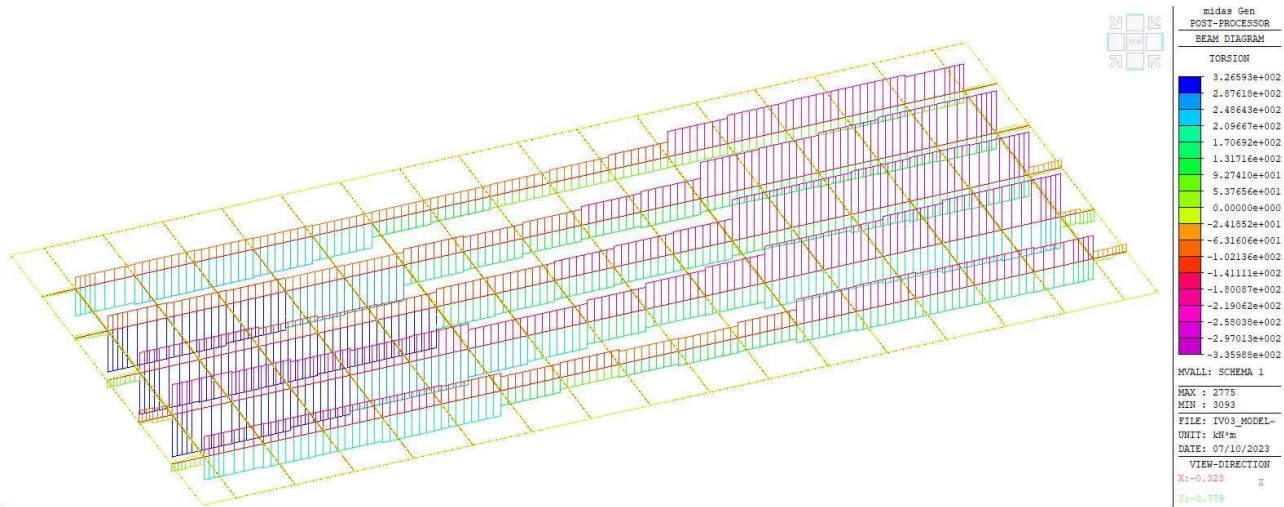


Figura 38 – Momento torcente carichi mobili

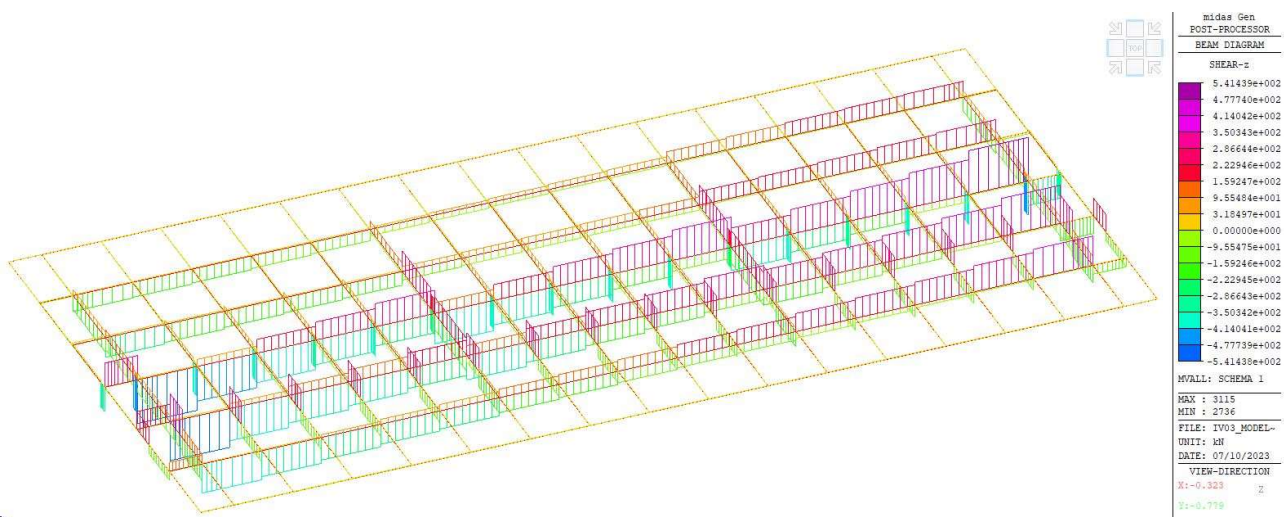


Figura 39 – Taglio carichi mobili

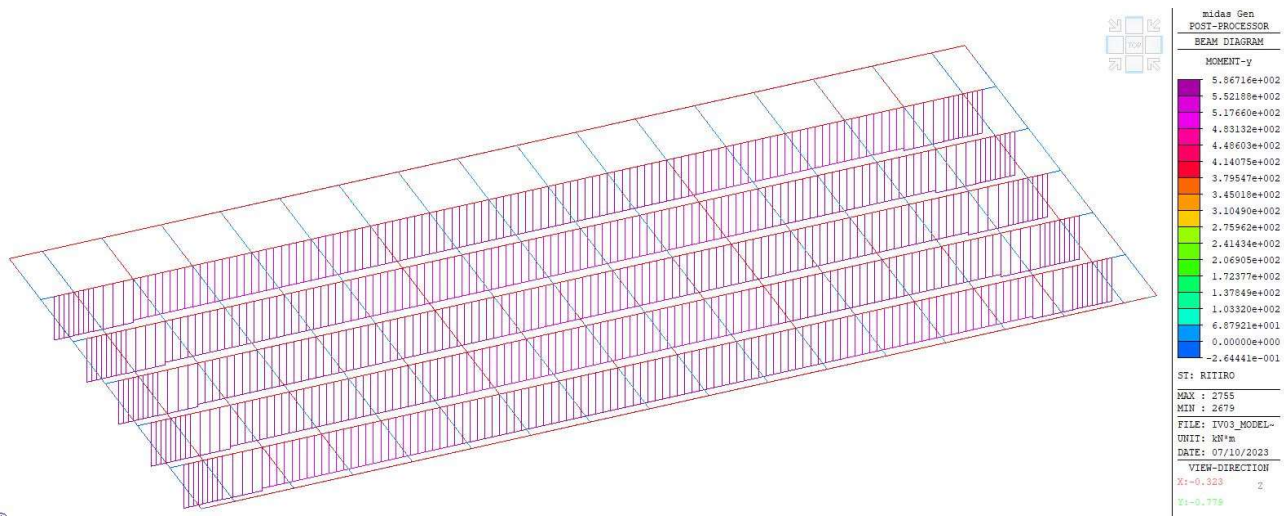


Figura 40 – Momento flettente ritiro

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	47

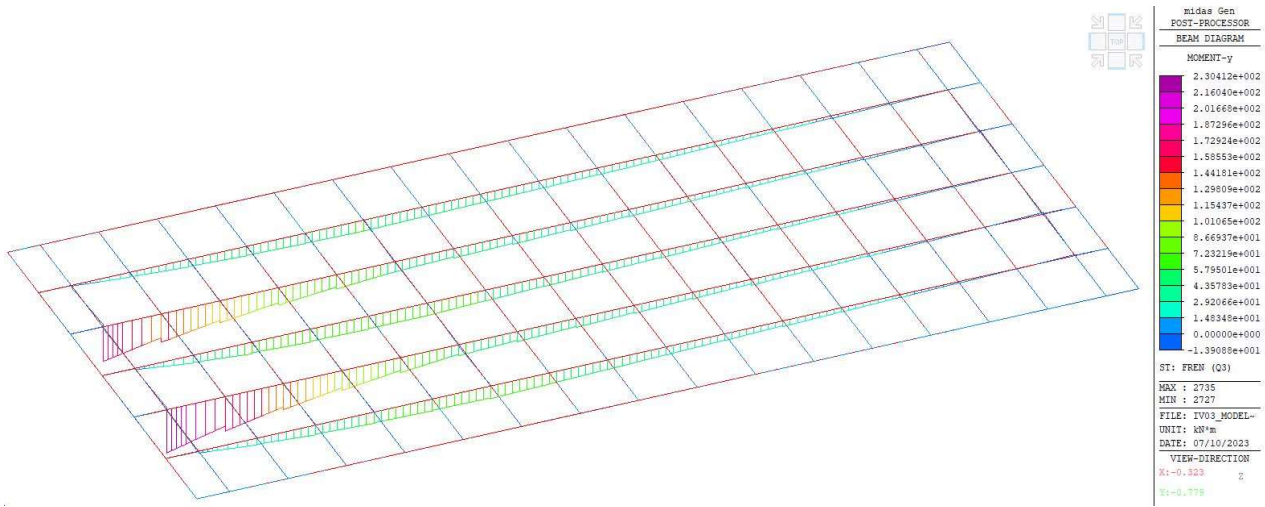


Figura 41 – Momento flettente frenatura

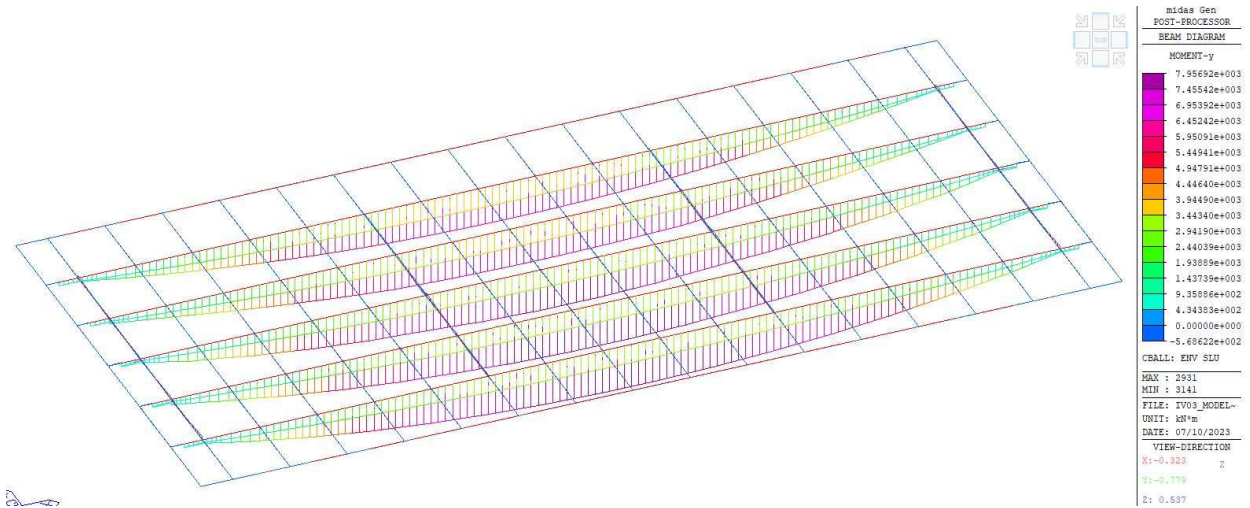


Figura 42 – Involuppo momento flettente

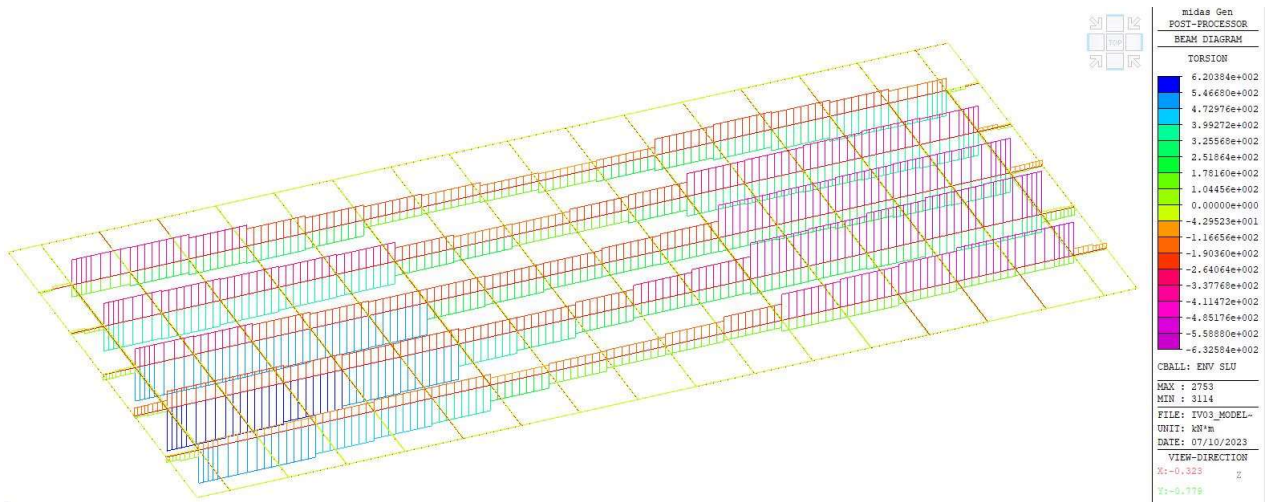


Figura 43 – Involuppo momento torcente

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	48

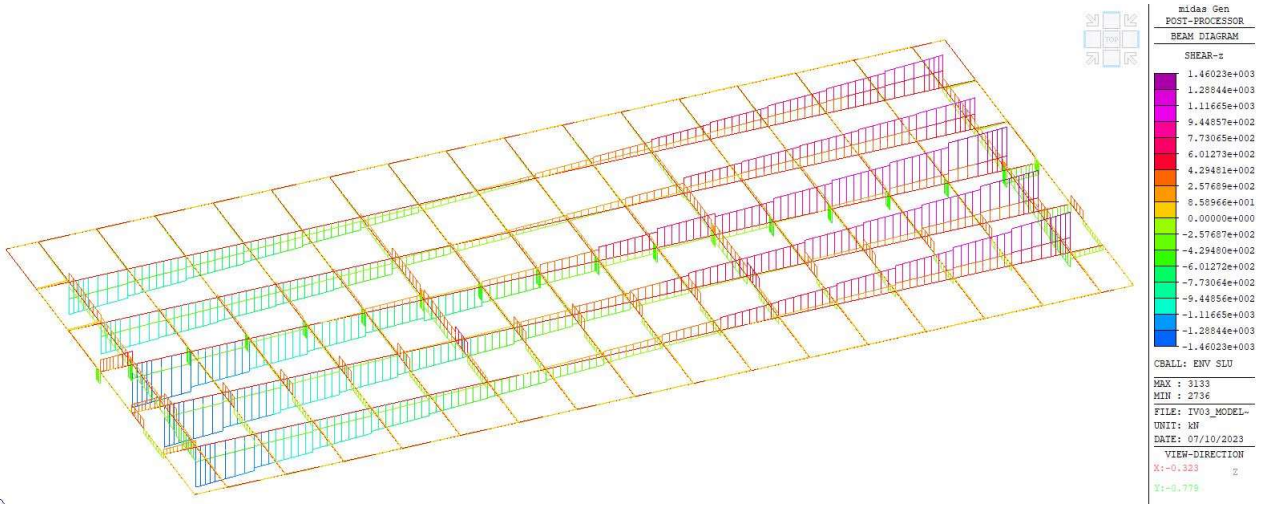


Figura 44 – Inviluppo taglio

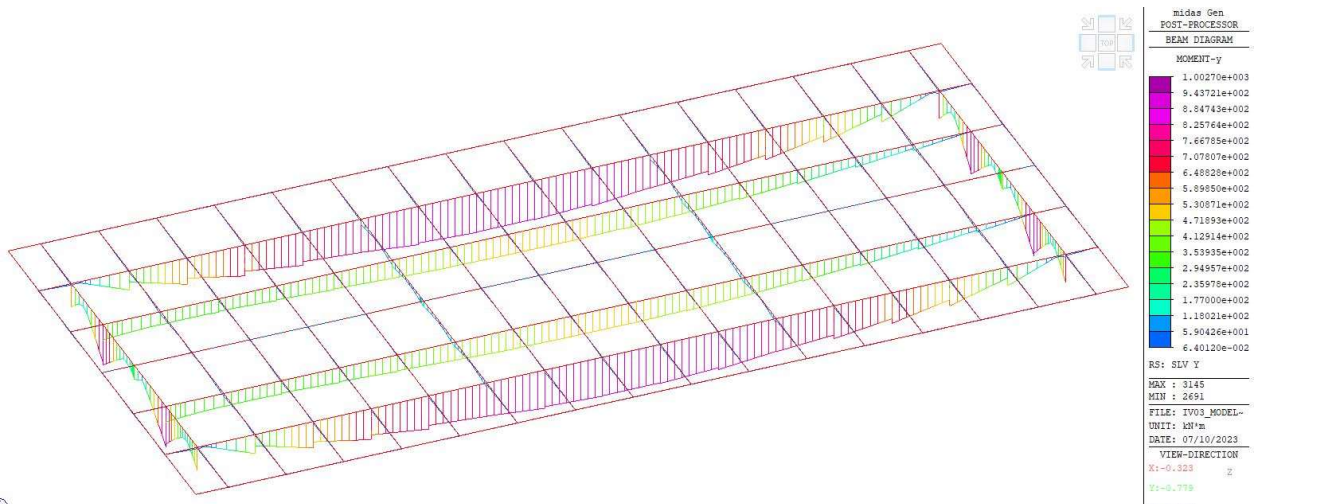


Figura 45 – Momento flettente sisma x

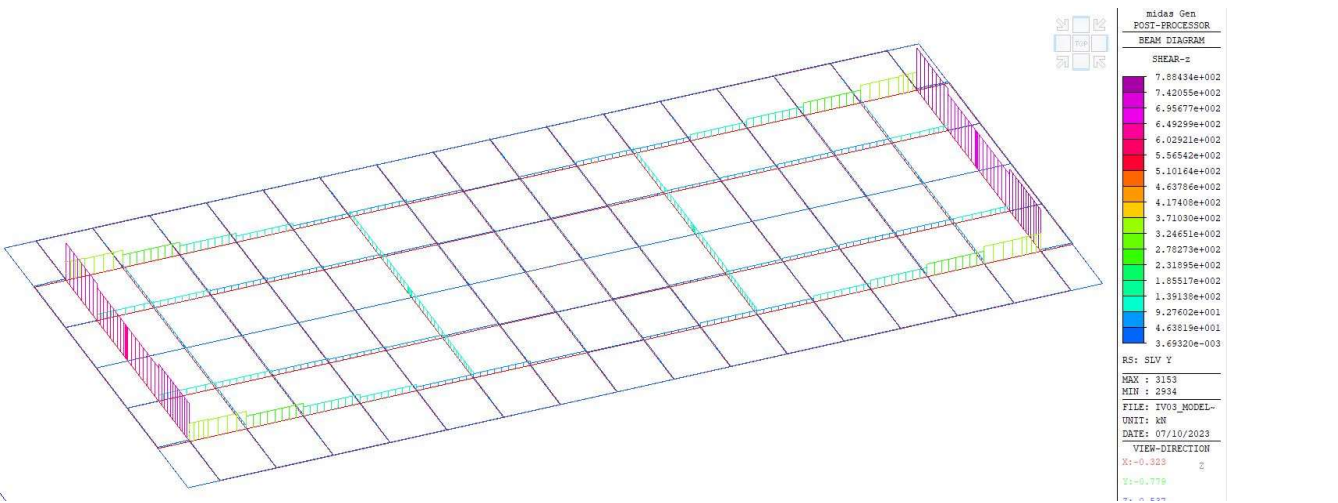


Figura 46 – Taglio sisma x

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	49

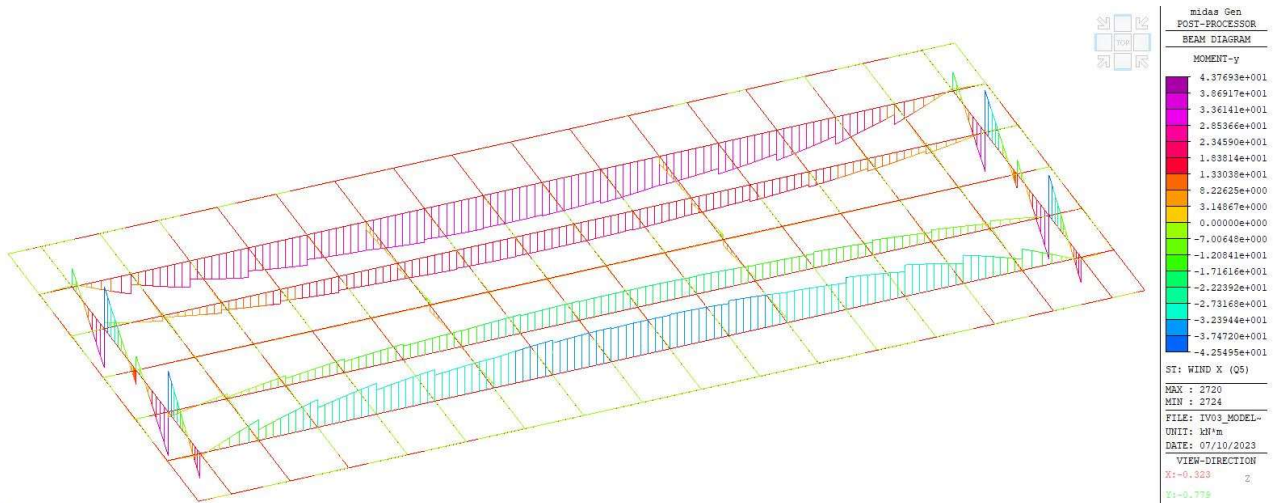


Figura 47 – Momento flettente vento

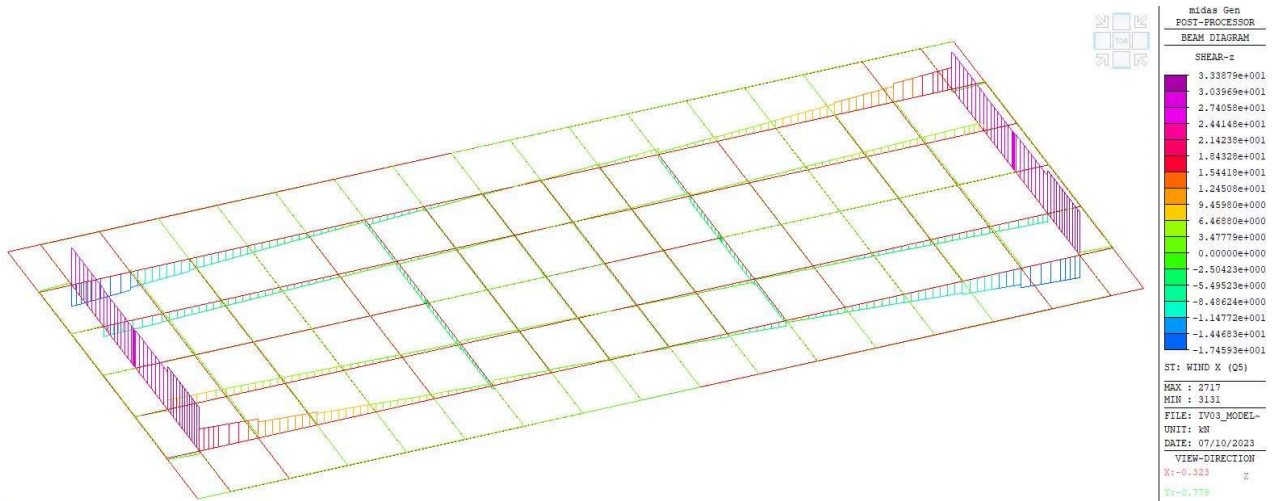


Figura 48 – Taglio vento

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001	REV B

10. GIUDIZIO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Sono state effettuati alcuni controlli speditivi sui risultati delle analisi al fine di accertare l'affidabilità dei risultati.

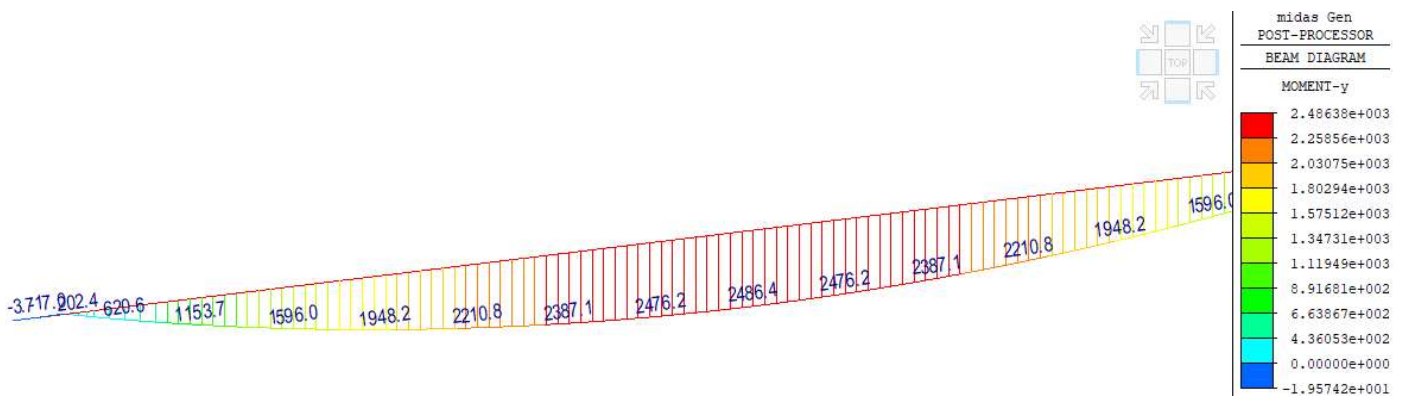
Controllo 1: Sollecitazioni su travi per effetto del peso proprio G1

La sezione tipo della singola trave in c.a.p. ha un'area di 0.7m² a cui corrisponde un carico di qtr=17.5kN/m. A tale peso si aggiunge quello della soletta. Sulla trave di bordo grava approssimativamente una fascia di soletta di larghezza 3.1m a cui si può attribuire uno spessore medio di 0.3m: si ha quindi un carico qsol=23.25kN/m.

Considerando la luce teorica tra gli appoggi pari a 22.8m si ha un momento flettente pari a:

$$M_{G1,check} = (17.5+23.25)*22.8^2/8=2647kNm$$

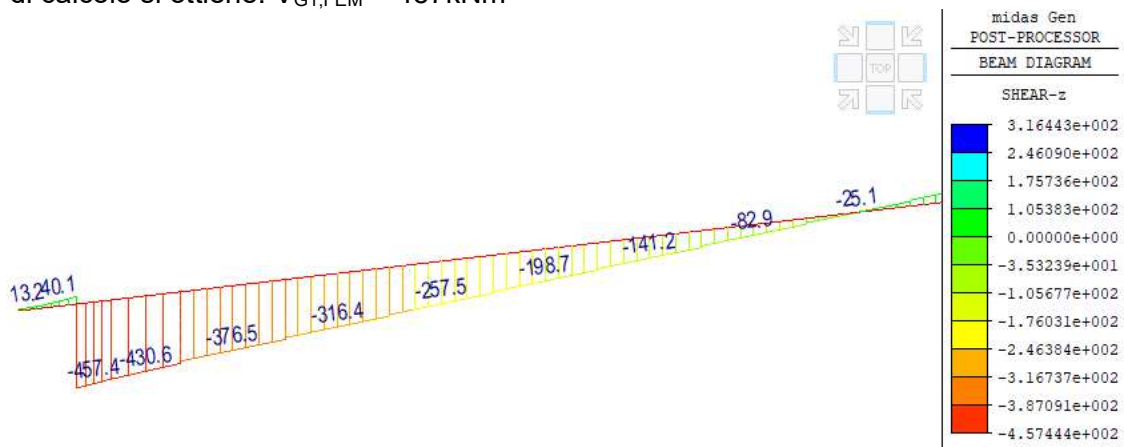
Dal modello di calcolo, nel quale esistono gli effetti di ripartizione trasversale per effetto della presenza delle fasce di soletta e dei traversi intermedi, si ottiene: $M_{G1,FEM} = 2486kNm$



Dunque il momento calcolato in modo speditivo risulta superiore solo del 6.5%; pertanto tale risultato appare accettabile.

Il massimo taglio agente calcolato manualmente risulta: $V_{G1,check} = (17.5+23.25)*22.8/2=465.6kNm$

Dal modello di calcolo si ottiene: $V_{G1,FEM} = 457kNm$



Si ha quindi una differenza inferiore al 2% che risulta chiaramente accettabile.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

Controllo 2: Sollecitazioni su travi per effetto dei carichi da traffico Modello 1

La trave di bordo ha un'eccentricità rispetto all'asse impalcato di 4m; trascurando le corsie pedonali e lo spazio rimanente, la corsia 1 e la corsia 2 hanno un'eccentricità rispettivamente di 2.75m e -0.25m.

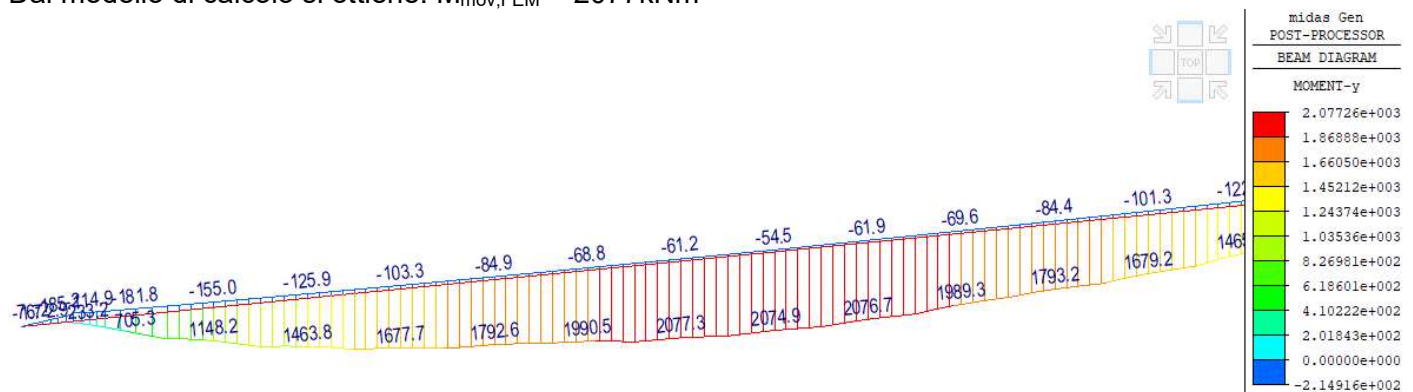
Considerando una ripartizione trasversale alla Courbon, la corsia 1 ha un coefficiente di ripartizione pari a $r_{1,1}=0.475$ rispetto alla trave 1 mentre la corsia 2 ha un coefficiente di ripartizione $r_{2,1}=0.175$.

Considerando i tandem, sulla trave 1 agiranno 2 forze concentrate ciascuna pari a: $F_{tand}=300*0.475 + 200*0.175=177.5\text{kN}$

Considerando i carichi distribuiti: $q_{dist}=27*0.475 + 7.5*0.175 = 14,14\text{kN/m}$

Considerando i carichi distribuiti presenti su tutta la campata e i tandem in mezzeria, il massimo momento flettente risulta: $M_{mov,check} = 14.14*22.8^2/8 + 177.5*(22.8/2-1.2/2) = 2835\text{kNm}$

Dal modello di calcolo si ottiene: $M_{mov,FEM} = 2077\text{kNm}$



Il calcolo manuale fornisce un momento massimo più alto del 26% ma, in virtù della presenza di fasce di soletta e traversi, che garantiscono una notevole ripartizione dei carichi, si giudica il risultato accettabile.

Considerando i carichi distribuiti presenti su tutta la campata e i tandem in prossimità dell'appoggio, il massimo taglio risulta: $V_{mov,check} = 14.14*22.8/2 + 177.5*2 = 516\text{kNm}$

Dal modello di calcolo si ottiene: $V_{mov,FEM} = 480\text{kNm}$



La differenza tra il calcolo manuale e il calcolo FEM è pari al 7% confermando l'affidabilità del modello. La maggior precisione del taglio è dovuta al fatto che il massimo taglio si attinge quando i tandem sono prossimi all'appoggio e quindi risultano ridotti gli effetti della ripartizione trasversale di soletta e traversi.

Controllo 3: Sollecitazioni su fusto pila per effetto del peso proprio G1

IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	52

Controllo 4: Sollecitazioni su fusto pila per effetto dei carichi mobili

Si considera la Pila 5 che insieme alla P4 e P6 risulta quella più alta (10.5m totali).

In base alle valutazioni effettuate in precedenza, il peso totale di una trave è pari a $P_{tr}=17.5*25=438\text{kN}$

Considerando 5 travi (e un incremento del 10% per tener conto dei ringrossi sulle testate): $P_{tr,tot}= 2409\text{kN}$.

Il peso dei traversi approssimativamente è pari a: $P_{trav} = 4*4*0.4*1.2*25= 192\text{kN}$

La soletta ha un peso complessivo: $P_{sol} = 25*12.2*0.3*25=2287\text{kN}$

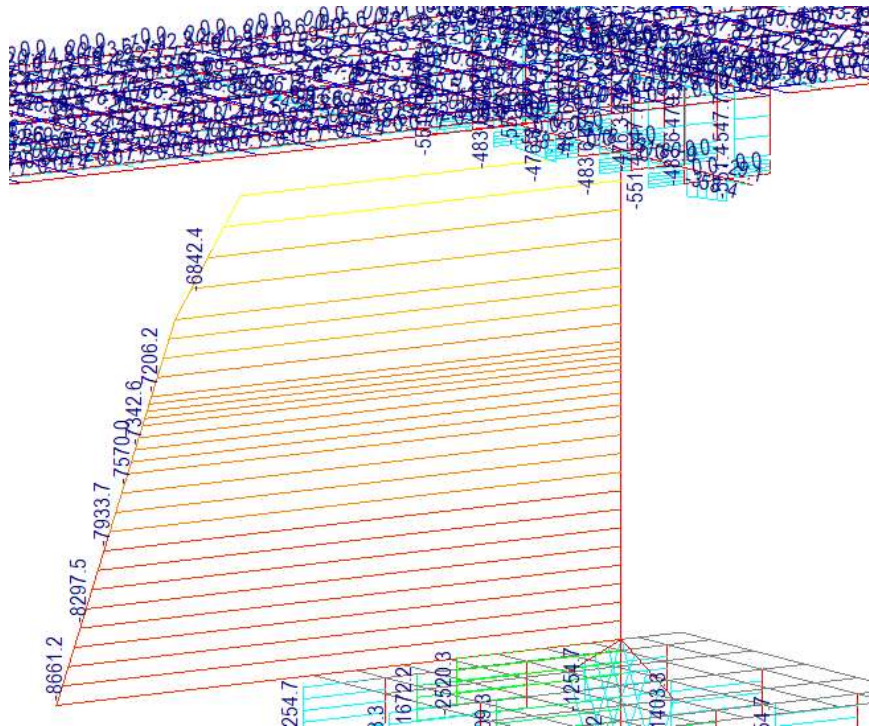
Il pulvino ha un peso pari a: $P_{pulv} = (3.2*10*1.25+(5+10)*0.5*(2+3.2)*0.5*1.25)*25=1610\text{kN}$

Il fusto pila ha una sezione di 9.1m^2 , da cui $P_{fusto} = 9.1*25*7.4\text{m} = 1683\text{kN}$

Sommando i contributi si ottiene lo sforzo normale alla base della pila per effetto dei carichi G1:

$$N_{G1,check} = 8181\text{kN}$$

Dal modello di calcolo si ottiene: $N_{G1,FEM} = 8661\text{kNm}$

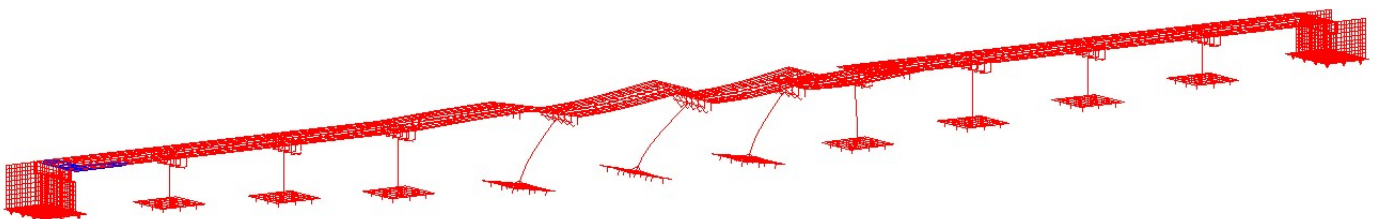


Si ritiene che una differenza pari al 5.5% circa sia certamente accettabile.

Controllo 5: Controllo risultati analisi modale

Dall'analisi modale, il primo modo che coinvolge una significativa massa partecipante è il modo 3 che eccita nel dettaglio le pile più alte (4,5,6) ed i relativi impalcato in direzione longitudinale.

Il periodo di oscillazione associato al modo 3 è pari a $T_{FEM} = 0.56\text{sec}$.



MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	53

Considerando la pila 5 ed equiparandola ad un oscillatore semplice, la massa da prendere in considerazione è costituita da:

- Massa impalcato (una campata);
- Massa pulvino;
- Massa ½ fusto pila (approssimativamente).

Quindi, oltre ai carichi determinati in precedenza è necessario valutare i carichi fissi non strutturali sull'impalcato. Considerando la somma dei carichi associati a pavimentazione, velette, cordoli, barriere, ecc. si ha un carico $q_{G2}=54\text{kN/m}$ da cui $G_{2\text{tot}}=25*49=1350\text{kN}$.

La massa totale è pari a: $M = (1225 + 8181 - 1683/2)/g = 886\text{ton}$.

La rigidezza della pila viene valutata come quella di una mensola considerando un'altezza totale pari a quella della pila maggiorata di 1.5m per tener conto dell'altezza a cui è posizionato l'impalcato. (Le caratteristiche del materiale e l'inerzia della sezione sono ricavate dal modello di calcolo).

Rigidezza a flessione: $K_{\text{flex}} = 3 \cdot E \cdot I / h^3 = (3 \cdot 33000 \cdot 2.7618 \cdot 1000^4) / (12000^3) = 158228\text{kN/m}$

Rigidezza tagliante: $K_{\text{shear}} = X \cdot G \cdot A / H = 1.2 \cdot (13750 \cdot 9.1 \cdot 10^6) / 10500 = 14300000\text{kN/m}$

La rigidezza complessiva equivale a: $K_{\text{eq}}=156496\text{kN/m}$

Da cui:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \text{radq}(M/K) = 0.473\text{sec vs } T_{\text{FEM}} = 0.56\text{sec}$$

Sebbene tra i due risultati ci sia uno scarto del 15% circa, alla luce delle complessità del modello di calcolo (che include platee di fondazione, vincoli elastici, ecc.), quanto ottenuto dal calcolo manuale risulta soddisfacente e conferma i risultati dell'analisi FEM.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

11. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DI PRECOMPRESSIONE TRAVI DI IMPALCATO

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della sezione iniziale della sola “trave” e della sezione finale in esercizio “trave+soletta”; Si segnala che la valutazione delle caratteristiche meccaniche della sezione finale “trave+soletta” sono effettuate considerando un coefficiente di omogeneizzazione per la soletta “ $n_{trave-soletta}$ ” di seguito specificato.

Per le armature lente in barre e per le armature attive di precompressione (trefoli aderenti) si adotta un coefficiente di omogeneizzazione “ n_{arm} ” pari a circa 6. Le sezioni di verifica sono individuate considerando la lunghezza di diffusione della precompressione in accordo al punto 8.10.2 di EN 1992-1-1:2005.

L’armatura di precompressione delle travi di bordo è uguale all’armatura di precompressione delle travi centrali. Quanto riportato nei seguenti paragrafi circa le caratteristiche geometriche e meccaniche della trave isolata è da intendersi valido sia per le travi di bordo che per le travi intermedie.

11.1 SEZIONE TRASVERSALE TRAVE C.A.P.

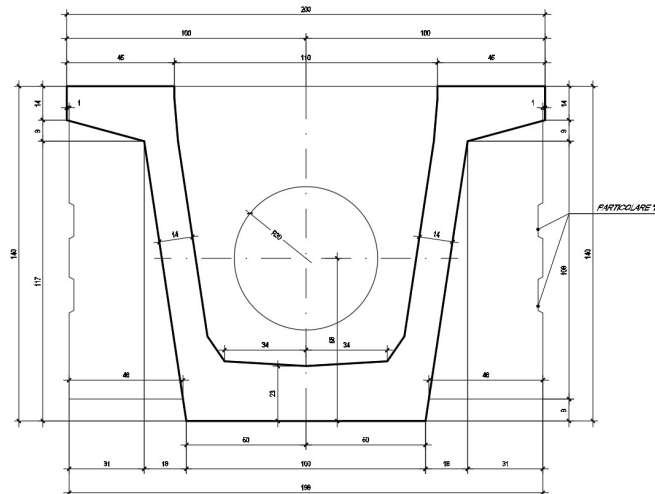


Figura 49 – Geometria trave – Sezione corrente

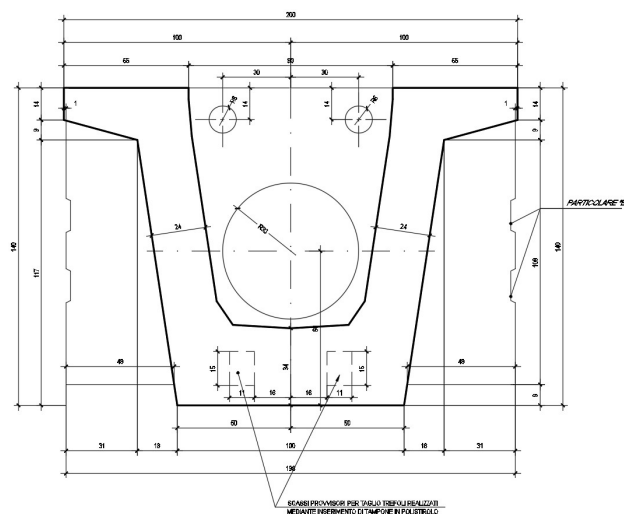


Figura 50 – Geometria trave – Sezione in appoggio

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	55

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche e di precompressione della sezione valide sia per la trave di bordo che per la trave “centrale”

11.2 ARMATURA DI PRECOMPRESSIONE – TIPOLOGIA E GEOMETRIA

L'armatura di precompressione è costituita da $(12+12+12) = 36$ trefoli da 0.6" (1.39cm²) disposti inferiormente nella soletta inferiore del cassoncino e (3+3) trefoli da 0.6" disposti superiormente. La disposizione dei trefoli è riportata nella figura seguente. In corrispondenza della testata, è previsto l'inguainamento, secondo quanto riportato nello specifico elaborato, di alcuni trefoli. Tensione di tiro iniziale iniziale di 1350 MPa.

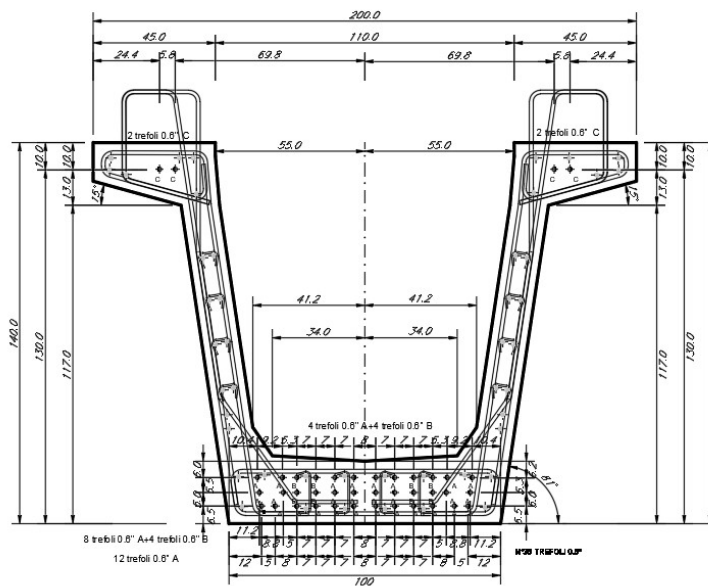


Figura 51 – Geometria trave – Armatura di precompressione

La disposizione dei trefoli nelle varie sezioni di verifica (la cui “ascissa” è indicata nelle celle in alto) è descritta nella tabella sottostante.

Strato	x/y	S1 (I)	S2	S3	S4	S5	S6	S7 (Mezz)	S8	S9	S10	S11	S12	S13 (J)	
		0.00	1.00	2.02	2.40	5.82	8.86	11.90	14.94	17.98	21.40	21.78	22.80	23.80	
6	145.0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
5	65.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	60.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	17.0	4	4	4	8	12	12	12	12	12	8	4	4	4	
2	11.0	8	8	8	12	12	12	12	12	12	12	8	8	8	
1	7.0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
	tot. tr.	30	30	30	38	42	42	42	42	42	38	30	30	30	
	y _{spi} =	37.00	37.00	37.00	32.16	30.71	30.71	30.71	30.71	30.71	32.16	37.00	37.00	37.00	[cm]
	I _{sp} =	179118	179118	179118	181398	183005	183005	183005	183005	183005	181398	179118	179118	179118	[cm ⁴]

Si riportano di seguito le caratteristiche dell'armatura di precompressione per le varie sezioni di verifica.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	56

Caratteristiche geometriche delle armature di precompressione							
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse.pila}}$ [m]	n_t	A_{sp} [cm ²]	S_{sp} [cm ³]	I_{sp} [cm ⁴]	Y_{spi} [cm]
0.00	S1 (I)	-0.50	30	41.70	1542.90	179118	37.00
1.00	S2	0.50	30	41.70	1542.90	179118	37.00
2.02	S3	1.52	30	41.70	1542.90	179118	37.00
2.40	S4	1.90	38	52.82	1698.58	181398	32.16
5.82	S5	5.32	42	58.38	1793.10	183005	30.71
8.86	S6	8.36	42	58.38	1793.10	183005	30.71
11.90	S7 (Mezz)	11.40	42	58.38	1793.10	183005	30.71
14.94	S8	14.44	42	58.38	1793.10	183005	30.71
17.98	S9	17.48	42	58.38	1793.10	183005	30.71
21.40	S10	20.90	38	52.82	1698.58	181398	32.16
21.78	S11	21.28	30	41.70	1542.90	179118	37.00
22.80	S12	22.30	30	41.70	1542.90	179118	37.00
23.80	S13 (J)	23.30	30	41.70	1542.90	179118	37.00
n_t =	Numero di trefoli attivi						
A_{sp} =	Area dei trefoli						
S_{sp} =	Momento statico dell'armatura rispetto al lembo inferiore						
I_{sp} =	Momento d'inerzia dell'armatura rispetto al lembo inferiore						
Y_{spi} =	Distanza del baricentro trefoli dal lembo inferiore						

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	57

11.3 CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI

11.3.1 Trave isolata

Si riportano di seguito le caratteristiche meccaniche delle travi in cap a sezione "isolata"

Caratteristiche geometriche delle sezioni della trave isolata							
X _{test. trave} [m]	Sez.	X _{asse app} [m]	A _C [m ²]	S _{ci} [m ³]	I _{ci} [m ⁴]	I _{co} [m ⁴]	Y _{gi} [m]
0.00	S1 (I)	-0.50	1.5251	1.2099	1.2583	0.2985	0.7933
1.00	S2	0.50	1.5251	1.2099	1.2583	0.2985	0.7933
2.02	S3	1.52	0.9988	0.6643	0.6503	0.2085	0.6651
2.40	S4	1.90	0.7000	0.4528	0.4609	0.1680	0.6469
5.82	S5	5.32	0.7000	0.4528	0.4609	0.1680	0.6469
8.86	S6	8.36	0.7000	0.4528	0.4609	0.1680	0.6469
11.90	S7 (Mezz)	11.40	0.7000	0.4528	0.4609	0.1680	0.6469
14.94	S8	14.44	0.7000	0.4528	0.4609	0.1680	0.6469
17.98	S9	17.48	0.7000	0.4528	0.4609	0.1680	0.6469
21.40	S10	20.90	0.7000	0.4528	0.4609	0.1680	0.6469
21.78	S11	21.28	0.9988	0.6643	0.6503	0.2085	0.6651
22.80	S12	22.30	1.5251	1.2099	1.2583	0.2985	0.7933
23.80	S13 (J)	23.30	1.5251	1.2099	1.2583	0.2985	0.7933
	A_C =	Area					
	S_{ci} =	Momento statico rispetto al lembo inferiore trave					
	I_{ci} =	Momento di Inerzia rispetto al lembo inferiore trave					
	I_{co} =	Momento di Inerzia baricentrico					
	Y_{gi} =	Distanza del baricentro rispetto al lembo inferiore trave					

Si considerano presenti le seguenti armature ordinarie correnti

Dettaglio armature ordinarie						
Strato	n _s	φ [mm]	d [cm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	A _s [cm ²]
3	0	0	0	7.9	15.9	0.00
2	6	14	18	0	23.80	9.24
1	6	14	6	0	23.80	9.24
	n_s =	Numero ferri dello strato				
	φ =	Diametro dei ferri dello strato				
	d =	Distanza dal lembo inferiore				
	x₁ =	Ascissa iniziale				
	x₂ =	Ascissa finale				
	A_s =	Area totale dello strato				

Le cui caratteristiche geometriche sono di seguito riportate

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	58

Caratteristiche geometriche armatura ordinaria						
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse app} [m]	A _s [cm ²]	S _{si} [cm ³]	I _{si} [cm ⁴]	Y _{si} [cm]
0.00	S1 (I)	-0.50	18.47	221.67	3325	12.00
1.00	S2	0.50	18.47	221.67	3325	12.00
2.02	S3	1.52	18.47	221.67	3325	12.00
2.40	S4	1.90	18.47	221.67	3325	12.00
5.82	S5	5.32	18.47	221.67	3325	12.00
8.86	S6	8.36	18.47	221.67	3325	12.00
11.90	S7(Mezz)	11.40	18.47	221.67	3325	12.00
14.94	S8	14.44	18.47	221.67	3325	12.00
17.98	S9	17.48	18.47	221.67	3325	12.00
21.40	S10	20.90	18.47	221.67	3325	12.00
21.78	S11	21.28	18.47	221.67	3325	12.00
22.80	S12	22.30	18.47	221.67	3325	12.00
23.80	S13 (J)	23.30	18.47	221.67	3325	12.00
	A _s =	Area				
	S _{si} =	Momento statico rispetto al lembo inferiore trave				
	I _{si} =	Momento di Inerzia rispetto al lembo inferiore trave				
	Y _{si} =	Distanza del baricentro rispetto al lembo inferiore trave				

Sulla base delle dei quantitativi geometrici delle armature presenti è possibile riportare di seguito le caratteristiche geometriche della sezione ideale omogeneizzata tenendo conto dei vari coefficienti di omogeneizzazione tra l'armatura lenta e di precompressione ed il cls delle travi in c.a.p.

CLS Trave	C45/55								
f _{ck,tr} =	45.65	MPa	Resistenza a compressione cilindrica caratteristica del cls travi						
E _{cm} =	36416	MPa	Modulo di elasticità del calcestruzzo delle travi						
E _s =	210000	MPa	Modulo di elasticità dell'armatura ordinaria						
E _p =	195000	MPa	Modulo di elasticità dell' armatura di precompressione						
ω _p =	5.35		Coeff. di omogeneizzazione acciaio di precompressione						
ω _s =	5.77		Coeff. di omogeneizzazione acciaio ordinario						
Per tener conto del fatto che l'area occupata dall'acciaio è sottratta al calcestruzzo, l'area dell'acciaio sarà amplificata di ω-1									
							ω _p =	4.355	
							ω _s =	4.767	

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	59

Caratteristiche Geometriche Sezione Ideale Omogeneizzata

X _{test. trave} [m]	Sez.	X _{asse app} [m]	A ₁ [m ²]	S _{1i} [m ³]	I _{1i} [m ⁴]	I ₁₀ [m ⁴]	Y _{1s} [m]	Y _{1i} [m]	Y _{1p} [m]	W _{1s} [m ³]	W _{1i} [m ³]	W _{1p} [m ³]
0.00	S1 (I)	-0.50	1.5521	1.2176	1.2662	0.3110	0.615	-0.785	-0.415	0.5053	-0.3964	-0.7502
1.00	S2	0.50	1.5521	1.2176	1.2662	0.3110	0.615	-0.785	-0.415	0.5053	-0.3964	-0.7502
2.02	S3	1.52	1.0258	0.6721	0.6583	0.2179	0.745	-0.655	-0.285	0.2926	-0.3326	-0.7642
2.40	S4	1.90	0.7318	0.4613	0.4690	0.1782	0.770	-0.630	-0.309	0.2316	-0.2828	-0.5773
5.82	S5	5.32	0.7342	0.4617	0.4691	0.1787	0.771	-0.629	-0.322	0.2318	-0.2843	-0.5557
8.86	S6	8.36	0.7342	0.4617	0.4691	0.1787	0.771	-0.629	-0.322	0.2318	-0.2843	-0.5557
11.90	S7(Mezz)	11.40	0.7342	0.4617	0.4691	0.1787	0.771	-0.629	-0.322	0.2318	-0.2843	-0.5557
14.94	S8	14.44	0.7342	0.4617	0.4691	0.1787	0.771	-0.629	-0.322	0.2318	-0.2843	-0.5557
17.98	S9	17.48	0.7342	0.4617	0.4691	0.1787	0.771	-0.629	-0.322	0.2318	-0.2843	-0.5557
21.40	S10	20.90	0.7318	0.4613	0.4690	0.1782	0.770	-0.630	-0.309	0.2316	-0.2828	-0.5773
21.78	S11	21.28	1.0258	0.6721	0.6583	0.2179	0.745	-0.655	-0.285	0.2926	-0.3326	-0.7642
22.80	S12	22.30	1.5521	1.2176	1.2662	0.3110	0.615	-0.785	-0.415	0.5053	-0.3964	-0.7502
23.80	S13 (J)	23.30	1.5521	1.2176	1.2662	0.3110	0.615	-0.785	-0.415	0.5053	-0.3964	-0.7502
	A₁ =	Area sezione ideale omogeneizzata										
	S_{1i} =	Momento statico rispetto al lembo inferiore										
	I_{1i} =	Momento di inerzia rispetto al lembo inferiore										
	I₁₀ =	Momento di inerzia baricentrico										
	Y_{1s} =	distanza lembo superiore trave dal baricentro trave										
	Y_{1i} =	distanza lembo inferiore trave dal baricentro trave										
	Y_{1p} =	distanza baricentro armature di precompressione dal baricentro trave										
	W_{1s} =	Modulo di resistenza rispetto al lembo superiore trave										
	W_{1i} =	Modulo di resistenza rispetto al lembo inferiore trave										
	W_{1p} =	Modulo di resistenza rispetto al baricentro armature da precompressione										

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	60

11.3.2 Trave di bordo: Sezione mista trave con soletta

L'area della soletta viene ridotta del fattore n_c pari al rapporto dei moduli elastici di trave e soletta. Per tener conto della possibile variazione della metodologia di definizione della pendenza trasversale della soletta (schiena d'asino o massetto delle pendenze) cautelativamente si assume uno spessore di soletta pari a 20+5cm (ipotesi soletta spessore costante con massetto)

SEZIONE MISTA TRAVE + SOLETTA			
CLS Sol.	C32/40		
$f_{ck,sol}$	33.2	MPa	Resistenza a compressione cilindrica caratteristica del cls soletta
$E_{c,sol}$	33643	MPa	Modulo di elasticità del calcestruzzo della soletta
n_c	0.924		Coefficiente di omogeneizzazione dei calcestruzzi
L_{imp}	12.20	m	Larghezza impalcato (fuori tutto)
n_{tr}^o	5		Numero travi
i_{tr}	2.00	m	Interasse travi
S_{sol}	0.20	m	Spessore della soletta
S_{pred}	0.05	m	Spessore dalla

Trave di bordo			
B_{sol}	3.10	m	Larghezza di soletta collaborante
$B_{0,sol}$	2.86	m	Larghezza di soletta collaborante omogeneizzata
B_{trasv}	2.00	m	Larghezza del trasverso su trave di bordo

Tenendo conto delle armature ordinarie longitudinali presenti in soletta, e delle caratteristiche geometriche della sezione isolata omogeneizzata di cui al precedente sottoparagrafo, si determinano le caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione trave + soletta

Caratteristiche della sezione mista della trave di bordo															
$X_{test, trave}$ [m]	Sez.	$X_{asse, app}$ [m]	A_2 [m ²]	S_{2i} [m ³]	I_{2i} [m ⁴]	I_{20} [m ⁴]	$Y_{2s, sol}$ [m]	Y_{2s} [m]	Y_{2i} [m]	Y_{2p} [m]	W_{2ss} [m ³]	W_{2si} [m ³]	W_{2ts} [m ³]	W_{2ti} [m ³]	W_{2p} [m ³]
0.00	S1 (I)	-0.50	2.1315	2.1280	2.68023	0.55574	0.652	0.402	-0.998	-0.628	0.9231	1.4977	1.3837	-0.5566	-0.8844
1.00	S2	0.50	2.1403	2.1290	2.68039	0.56253	0.655	0.405	-0.995	-0.625	0.9293	1.5025	1.3881	-0.5655	-0.9004
2.02	S3	1.52	1.6140	1.5835	2.07243	0.51888	0.669	0.419	-0.981	-0.611	0.8397	1.3408	1.2387	-0.5289	-0.8491
2.40	S4	1.90	1.3200	1.3727	1.88314	0.45569	0.610	0.360	-1.040	-0.718	0.8085	1.3698	1.2654	-0.4382	-0.6344
5.82	S5	5.32	1.3225	1.3731	1.88321	0.45752	0.612	0.362	-1.038	-0.731	0.8096	1.3692	1.2649	-0.4406	-0.6258
8.86	S6	8.36	1.3225	1.3731	1.88321	0.45752	0.612	0.362	-1.038	-0.731	0.8096	1.3692	1.2649	-0.4406	-0.6258
11.90	S7(Mezz)	11.40	1.3225	1.3731	1.88321	0.45752	0.612	0.362	-1.038	-0.731	0.8096	1.3692	1.2649	-0.4406	-0.6258
14.94	S8	14.44	1.3225	1.3731	1.88321	0.45752	0.612	0.362	-1.038	-0.731	0.8096	1.3692	1.2649	-0.4406	-0.6258
17.98	S9	17.48	1.3225	1.3731	1.88321	0.45752	0.612	0.362	-1.038	-0.731	0.8096	1.3692	1.2649	-0.4406	-0.6258
21.40	S10	20.90	1.3200	1.3727	1.88314	0.45569	0.610	0.360	-1.040	-0.718	0.8085	1.3698	1.2654	-0.4382	-0.6344
21.78	S11	21.28	1.6140	1.5835	2.07243	0.51888	0.669	0.419	-0.981	-0.611	0.8397	1.3408	1.2387	-0.5289	-0.8491
22.80	S12	22.30	2.1403	2.1290	2.68039	0.56253	0.655	0.405	-0.995	-0.625	0.9293	1.5025	1.3881	-0.5655	-0.9004
23.80	S13 (J)	23.30	2.1403	2.1290	2.68039	0.56253	0.655	0.405	-0.995	-0.625	0.9293	1.5025	1.3881	-0.5655	-0.9004

Le caratteristiche geometriche e meccaniche fin qui determinate saranno impiegate nella determinazione delle sollecitazioni agenti nelle varie fasi di calcolo alle quali si associano le relative cadute di tensione.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	61

11.3.3 Trave centrale: Sezione mista trave con soletta

L'area della soletta viene ridotta del fattore n_c pari al rapporto dei moduli elastici di trave e soletta. Per tener conto della possibile variazione della metodologia di definizione della pendenza trasversale della soletta (schiena d'asino o massetto delle pendenze) cautelativamente si assume uno spessore di soletta pari a 20+5cm (ipotesi soletta spessore costante con massetto)

SEZIONE MISTA TRAVE + SOLETTA			
CLS Sol.	C32/40		
$f_{ck,sol}$ =	33.2	MPa	Resistenza a compressione cilindrica caratteristica del cls soletta
$E_{c,sol}$ =	33643	MPa	Modulo di elasticità del calcestruzzo della soletta
n_c =	0.924		Coefficiente di omogeneizzazione dei calcestruzzi
L_{imp} =	12.20	m	Larghezza impalcato (fuori tutto)
n_{tr}° =	5		Numero travi
i_{tr} =	2.00	m	Interasse travi
S_{sol} =	0.20	m	Spessore della soletta
S_{pred} =	0.05	m	Spessore dalla

Trave intermedia			
B_{sol} =	2.00	m	Larghezza di soletta collaborante
$B_{0,sol}$ =	1.85	m	Larghezza di soletta collaborante omogeneizzata
B_{trasv} =	2.00	m	Larghezza del trasverso su trave intermedia

Tenendo conto delle armature ordinarie longitudinali presenti in soletta, e delle caratteristiche geometriche della sezione isolata omogeneizzata di cui al precedente sottoparagrafo, si determinano le caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione trave + soletta

Caratteristiche della sezione mista della trave centrale															
$X_{test. trave}$ [m]	Sez.	$X_{asse app}$ [m]	A_2 [m ²]	S_{2i} [m ³]	I_{2i} [m ⁴]	I_{20} [m ⁴]	$Y_{2s,sol}$ [m]	Y_{2s} [m]	Y_{2i} [m]	Y_{2p} [m]	W_{2ss} [m ³]	W_{2si} [m ³]	W_{2ts} [m ³]	W_{2ti} [m ³]	W_{2p} [m ³]
0.00	S1 (I)	-0.50	1.9232	1.8053	2.17958	0.48494	0.711	0.461	-0.939	-0.569	0.7380	1.1379	1.0512	-0.5166	-0.8527
1.00	S2	0.50	1.9320	1.8064	2.17974	0.49085	0.715	0.465	-0.935	-0.565	0.7431	1.1425	1.0555	-0.5250	-0.8688
2.02	S3	1.52	1.4057	1.2426	1.54793	0.44947	0.766	0.516	-0.884	-0.514	0.6351	0.9428	0.8710	-0.5085	-0.8745
2.40	S4	1.90	1.1118	1.0500	1.38249	0.39079	0.706	0.456	-0.944	-0.623	0.5995	0.9286	0.8579	-0.4138	-0.6274
5.82	S5	5.32	1.1142	1.0504	1.38256	0.39224	0.707	0.457	-0.943	-0.636	0.6003	0.9286	0.8579	-0.4161	-0.6171
8.86	S6	8.36	1.1142	1.0504	1.38256	0.39224	0.707	0.457	-0.943	-0.636	0.6003	0.9286	0.8579	-0.4161	-0.6171
11.90	S7 (Mezz)	11.40	1.1142	1.0504	1.38256	0.39224	0.707	0.457	-0.943	-0.636	0.6003	0.9286	0.8579	-0.4161	-0.6171
14.94	S8	14.44	1.1142	1.0504	1.38256	0.39224	0.707	0.457	-0.943	-0.636	0.6003	0.9286	0.8579	-0.4161	-0.6171
17.98	S9	17.48	1.1142	1.0504	1.38256	0.39224	0.707	0.457	-0.943	-0.636	0.6003	0.9286	0.8579	-0.4161	-0.6171
21.40	S10	20.90	1.1118	1.0500	1.38249	0.39079	0.706	0.456	-0.944	-0.623	0.5995	0.9286	0.8579	-0.4138	-0.6274
21.78	S11	21.28	1.4057	1.2426	1.54793	0.44947	0.766	0.516	-0.884	-0.514	0.6351	0.9428	0.8710	-0.5085	-0.8745
22.80	S12	22.30	1.9320	1.8064	2.17974	0.49085	0.715	0.465	-0.935	-0.565	0.7431	1.1425	1.0555	-0.5250	-0.8688
23.80	S13 (J)	23.30	1.9320	1.8064	2.17974	0.49085	0.715	0.465	-0.935	-0.565	0.7431	1.1425	1.0555	-0.5250	-0.8688

Le caratteristiche geometriche e meccaniche fin qui determinate saranno impiegate nella determinazione delle sollecitazioni agenti nelle varie fasi di calcolo alle quali si associano le relative cadute di tensione.

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

12. CADUTE DI TENSIONE

L'analisi della variabilità della precompressione nelle fasi previste viene condotta tenendo conto dei fenomeni di ritiro e viscosità nel calcestruzzo e di rilassamento nell'acciaio in conformità alle NTC 08 e alla norma UNI EN 1992-1-1.

12.1 CADUTE DI TENSIONE PER RITIRO DEL CALCESTRUZZO

I valori della deformazione totale da ritiro ε_{cs} sono dati da:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

dove ε_{cd} è la deformazione da ritiro per essiccamento e ε_{ca} è la deformazione da ritiro autogeno.

12.1.1 Ritiro per essiccamento

La deformazione di base dovuta a ritiro per essiccamento $\varepsilon_{cd,0}$ è calcolata con le espressioni:

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.85 \left[\left(220 + 110 \cdot \alpha_{ds1} \right) \cdot \exp \left(- \alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cm0}} \right) \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}$$

$$\beta_{RH} = 1.55 \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right]$$

dove:

f_{cm} è la resistenza media a compressione (N/mm²);

$f_{cm0} = 10$ N/mm²;

α_{ds1} è un coefficiente dipendente dal tipo di cemento;

α_{ds2} è un coefficiente dipendente dal tipo di cemento;

RH è l'umidità relativa ambientale (in percentuale);

$RH_0 = 100\%$.

Lo sviluppo del ritiro per essiccamento nel tempo è regolato dalla:

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \varepsilon_{cd,0}$$

dove: k_h è un coefficiente che dipende dalla dimensione convenzionale h_0 secondo il seguente prospetto (prospetto 3.3 della norma UNI):

h_0	k_h
100	1,0
200	0,85
300	0,75
≥ 500	0,70

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0.04 \sqrt{h_0^3}}$$

dove:

t è l'età del calcestruzzo, espressa in giorni, al momento considerato;

t_s è l'età del calcestruzzo (in giorni) all'inizio del ritiro per essiccamento;

h_0 è la dimensione convenzionale (in millimetri) della sezione trasversale = $2A_c/u$

dove:

A_c è l'area della sezione trasversale di calcestruzzo;

u è il perimetro della parte di sezione trasversale esposta ad essiccamento.

Il tempo t_s di inizio del ritiro per essiccamento coincide con la fine della maturazione.

12.1.2 Ritiro autogeno

La deformazione da ritiro autogeno è data da:

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \cdot \varepsilon_{ca}(\infty)$$

dove:

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2.5(f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$$

e

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5})$$

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001	REV B

Calcolo della Deformazione per ritiro		
Rck =	55.0 MPa	Resistenza cubica caratteristica
fck =	45.7 MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
E _{c,m} =	36416 MPa	Modulo elastico del cls
A _c =	700000 mm ²	Area della sezione in cls
u =	8270 mm	Perimetro della sezione in cls esposto all'aria
h ₀ =	169.3 mm	dimensione fittizia h ₀ = 2A _c /u
k _h =	0.896	parametro funzione di h ₀ secondo la Tab. 11.2.Vb
RH =	70 %	Umidità Relativa ambientale
t ₀ =	3 gg	Tempo di messa di carico
Deformazione per ritiro a tempo infinito		
β _{RH} =	1.02	
f _{cm} =	53.7 MPa	resistenza media cilindrica a compressione
f _{cm0} =	10.0 MPa	
Classe:	N	Classe del cemento (UNI EN 1992-1)
α _{ds1} =	4.00	coefficiente dipendente dal tipo di cemento
α _{ds2} =	0.12	coefficiente dipendente dal tipo di cemento
ε _{cd,0} =	-0.300 ‰	Deformazione da ritiro per essiccamento
ε _{cd} =	-0.269 ‰	Valore medio a t=∞ della deformazione per ritiro da essiccamento
ε _{ca} =	-0.089 ‰	Valore medio a t=∞ della deformazione per ritiro autogeno
ε _{cs} =	-0.358 ‰	Valore medio a t=∞ della deformazione per ritiro (totale)

Si riporta inoltre il coefficiente di ritiro a due step intermedi pari a 45 e 60gg dalla produzione della trave che saranno impiegati nella valutazione delle cadute di tensione nelle varie fasi.

Deformazione per ritiro a tempo t _s		
t _s =	45 gg	
β _{ds} (t, t _s) =	0.338	Coefficiente del ritiro da essiccamento dipendente dall'età del calcestruzzo
β _{as} (t) =	0.739	Coefficiente del ritiro autogeno dipendente dal tempo
ε _{cd} (t _s) =	-0.091 ‰	Valore medio a t=t _s della deformazione per ritiro da essiccamento
ε _{ca} (t _s) =	-0.066 ‰	Valore medio a t=t _s della deformazione per ritiro autogeno
ε _{cs} (t _s) =	-0.157 ‰	Valore medio a t=t _s della deformazione per ritiro (totale)

Deformazione per ritiro a tempo t _s		
t _s =	60 gg	
β _{ds} (t, t _s) =	0.405	Coefficiente del ritiro da essiccamento dipendente dall'età del calcestruzzo
β _{as} (t) =	0.788	Coefficiente del ritiro autogeno dipendente dal tempo
ε _{cd} (t _s) =	-0.109 ‰	Valore medio a t=t _s della deformazione per ritiro da essiccamento
ε _{ca} (t _s) =	-0.070 ‰	Valore medio a t=t _s della deformazione per ritiro autogeno
ε _{cs} (t _s) =	-0.179 ‰	Valore medio a t=t _s della deformazione per ritiro (totale)

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

12.2 CADUTE PER VISCOSITÀ

Il coefficiente di viscosità $\varphi(t, t_0)$ è calcolato con la relazione:

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t, t_0)$$

dove:

φ_0 è il coefficiente nominale di viscosità ed è valutato mediante:

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$$

φ_{RH} è un coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'umidità relativa sul coefficiente nominale di viscosità:

$$\varphi_{RH} = 1 + \frac{1 - RH / 100}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \quad \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ N/mm}^2$$

$$\varphi_{RH} = \left[1 + \frac{1 - RH / 100}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2 \quad \text{per } f_{cm} > 35 \text{ N/mm}^2$$

RH è l'umidità ambientale relativa, in percentuale;

$\beta(f_{cm})$ è un coefficiente che tiene conto dell'effetto della resistenza del calcestruzzo sul coefficiente nominale di viscosità:

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}}$$

f_{cm} è la resistenza media a compressione del calcestruzzo, in N/mm², all'età di 28 giorni;

$\beta(t_0)$ è un coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'età del calcestruzzo al momento dell'applicazione del carico sul coefficiente nominale di viscosità:

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})}$$

h_0 è la dimensione fittizia dell'elemento, in millimetri, dove:

$$h_0 = \frac{2 A_c}{u}$$

A_c è l'area della sezione trasversale;

u è il perimetro dell'elemento a contatto con l'atmosfera;

$\beta_c(t, t_0)$ è un coefficiente atto a descrivere l'evoluzione della viscosità nel tempo dopo l'applicazione del carico e può essere valutato con la seguente espressione:

$$\beta_c(t, t_0) = \left[\frac{(t - t_0)}{\beta_H + t - t_0} \right]^{0.3}$$

t è l'età del calcestruzzo, in giorni, al momento considerato;

t_0 è l'età del calcestruzzo, in giorni, al momento dell'applicazione del carico;

$t - t_0$ è la durata non corretta del carico, in giorni;

β_H è un coefficiente dipendente dall'umidità relativa (RH in %) e dalla dimensione fittizia dell'elemento (h_0 in millimetri). È calcolato nel modo seguente:

$$\beta_H = 1,5 [1 + (0,012 RH)^{18}] h_0 + 250 \leq 1500 \quad \text{per } f_{cm} \leq 35$$

$$\beta_H = 1,5 [1 + (0,012 RH)^{18}] h_0 + 250 \alpha_3 \leq 1500 \alpha_3 \quad \text{per } f_{cm} > 35$$

$\alpha_{1/2/3}$ sono coefficienti atti a prendere in conto l'influenza della resistenza del calcestruzzo:

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	66

$$\alpha_1 = \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.7} \quad \alpha_2 = \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.2} \quad \alpha_3 = \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.5}$$

L'effetto del tipo di cemento sul coefficiente di viscosità del calcestruzzo viene considerato modificando l'età del carico t_0 secondo la seguente espressione:

$$t_0^* = t_{0,T} \cdot \left(\frac{9}{2 + t_{0,T}^{1.2}} + 1 \right)^\alpha \geq 0.5$$

dove:

$t_{0,T}$ è l'età del calcestruzzo, in giorni, al momento dell'applicazione del carico, corretta in funzione della temperatura secondo l'espressione

α è un esponente che dipende dal tipo di cemento.

L'effetto di temperature elevate o ridotte comprese nell'intervallo 0-80 °C sulla maturazione del calcestruzzo viene preso in conto correggendo l'età del calcestruzzo con la seguente espressione:

$$t_T = \sum_{i=1}^n e^{-(4000 / [273 + T(\Delta t_i)] - 13.65)} \cdot \Delta t_i$$

dove:

t_T è l'età del calcestruzzo, corretta in funzione della temperatura, che sostituisce t nelle corrispondenti espressioni;

$T(t_i)$ è la temperatura, in gradi centigradi, durante il periodo di tempo Δt_i ;

t_i è il numero di giorni in cui risulta prevalente la temperatura T .

12.2.1 Determinazione del coefficiente di viscosità

Si riporta di seguito la determinazione del coefficiente di viscosità a tempo infinito e, come per il ritiro, agli step intermedi di 45 e 60gg.

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

Calcolo del coefficiente di viscosità $\phi(t, t_0)$			
Rck =	55.0 MPa	Resistenza cubica caratteristica	
fck =	45.7 MPa	Resistenza cilindrica caratteristica	
fcm =	53.7 MPa	Resistenza media cilindrica	
A _c =	700000 mmq	Area della sezione in cls	
u =	8270 mm	Perimetro della sezione in cls esposto all'aria	
h ₀ =	169.3 mm	dimensione fittizia	h ₀ = 2A _c /u
RH =	70 %	Umidità Relativa	
t ₀ =	3 gg	Tempo di messa di carico (stagionatura del cls all'atto della precompressione)	
t-t ₀ =	45 gg		
α ₁ =	0.742	coeff. di influenza della resistenza del cls	
α ₂ =	0.918	coeff. di influenza della resistenza del cls	
φ _{RH} =	1.287	coeff. dell'effetto dell' RH sul coeff. nominale di viscosità	
β(f _{cm}) =	2.294	coeff. di influenza della resistenza del cls sul coeff. nominale di viscosità	
β(t ₀) =	0.743	coeff. dell'effetto dell'età del cls al momento di applicazione del carico sul coeff. nominale di viscosità	
φ ₀ =	2.19	coefficiente nominale di viscosità (a tempo infinito)	

Calcolo del coefficiente di viscosità $\phi(t, t_0)$ dopo		45	gg dall'applicazione del carico
φ(t, t ₀) =	1.06	48.2%	

Calcolo del coefficiente di viscosità $\phi(t, t_0)$ dopo		60	gg dall'applicazione del carico
φ(t, t ₀) =	1.14	52.1%	

12.3 CADUTE PER EFFETTO TERMICO

Nelle ipotesi di un ciclo di maturazione forzato “standard” per effetto della maturazione a vapore, la diminuzione di tensione nelle armature da precompressione e la dilatazione impedita del calcestruzzo dovute alla temperatura, inducono una specifica caduta termica $\Delta\sigma_{p\theta}$ che è valutata con l'espressione:

$$\Delta\sigma_{p\theta} = 0.5 E_p \alpha_c (T_{\max} - T_0)$$

dove:

E_p è il modulo di elasticità delle armature di precompressione;

α_c è il coefficiente di dilatazione termica lineare del calcestruzzo;

$T_{\max} - T_0$ è la differenza tra la temperatura massima e quella iniziale del calcestruzzo a contatto delle armature di precompressione, in gradi centigradi.

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

$E_p =$	195000 MPa	Modulo elastico delle armature di precompressione
$\alpha_c =$	0.00001 °C ⁻¹	coefficiente di dilatazione termica del cls
$T_0 =$	20 °C	Temperatura iniziale del cls a contatto delle armature di precompressione
$T_{max} =$	60 °C	Temperatura massima del cls a contatto delle armature di precompressione
$T_{max} - T_0 =$	40 °C	ΔT tra la T_{max} e T_0
$\Delta\sigma_{p0} =$	39.0 MPa	Caduta per effetto termico

12.4 CADUTE PER RILASSAMENTO ACCIAIO DA PRECOMPRESSIONE

Il rapporto della variazione della tensione di precompressione sulla tensione di precompressione iniziale è determinato applicando la seguente espressione, valida per acciaio di classe 2 (fili o trefoli a basso rilassamento):

$$\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 0.66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9.1\mu} \cdot \left(\frac{t}{1000}\right)^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-3} \quad (3.29)$$

dove:

$\Delta\sigma_{pr}$ è il valore assoluto delle perdite per rilassamento;

σ_{pi} è la massima tensione di trazione applicata al cavo meno le perdite immediate che si verificano durante il procedimento di messa in tensione;

t è il tempo dopo la messa in tensione (in ore);

$\mu = \sigma_{pi} / f_{pk}$, dove f_{pk} è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'acciaio da precompressione;

ρ_{1000} è il valore della perdita per rilassamento a 1000 h dopo la messa in tensione e a una temperatura media di 20 °C.

Per tener conto degli effetti del trattamento termico previsto sulle perdite di precompressione dovute al rilassamento dell'acciaio, nella funzione rilassamento-tempo precedente si aggiunge un tempo equivalente t_{eq} al tempo dopo la tesatura. Il tempo equivalente è valutato con l'espressione seguente:

$$t_{eq} = \frac{1.14 (T_{max} - 20)}{T_{max} - 20} \sum_{i=1}^n (T_{(\Delta t_i)} - 20) \Delta t_i$$

dove:

t_{eq} è il tempo equivalente (in ore);

$T_{(ti)}$ è la temperatura (in gradi centigradi) durante l'intervallo di tempo t_i ;

T_{max} è la temperatura massima (in gradi centigradi) durante il trattamento termico.

Si ottengono i seguenti valori delle cadute di tensione per rilassamento:

$$\Delta\sigma_{relax(\infty)} = 59.06 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{relax(45g)} = 17.62 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{relax(45g)} = 17.73 \text{ MPa}$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	69

12.5 CADUTE DI TENSIONE TOTALI

Per tener conto dell'interazione tra rilassamento nell'acciaio e ritiro e viscosità nel calcestruzzo, la perdita di tensione nell'acciaio è valutata localmente in base alla seguente espressione:

$$\Delta\sigma_{p,c+s+r} = \frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0.8\Delta\sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \phi(t, t_0) \cdot \sigma_{c,Qp}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \frac{A_p}{A_c} \left(1 + \frac{A_c}{I_c} z_{cp}^2 \right) [1 + 0.8\phi(t, t_0)]}$$

dove:

$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$ è il valore assoluto della variazione di tensione nelle armature dovuta a viscosità, ritiro e rilassamento al livello y , all'istante t ;

ε_{cs} è la deformazione per ritiro in valore assoluto;

E_p è il modulo di elasticità dell'acciaio da precompressione;

E_{cm} è il modulo di elasticità del calcestruzzo;

$\Delta\sigma_{pr}$ è il valore assoluto della variazione di tensione per effetto del rilassamento dell'acciaio da precompressione.

$\phi(t, t_0)$ è il coefficiente di viscosità all'istante t con applicazione del carico all'istante t_0 ;

$\sigma_{c,Qp}$ è la tensione nel calcestruzzo adiacente alle armature, dovuta a peso proprio, precompressione iniziale e ad altre azioni quasi-permanenti ove presenti.

A_p è l'area di tutte le armature di precompressione al livello y ;

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

I_c è il momento d'inerzia della sezione di calcestruzzo;

z_{cp} è la distanza tra il baricentro della sezione di calcestruzzo e le armature.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	70

13. TRAVI DI IMPALCATO: CRITERI DI VERIFICA

Si riportano di seguito, per le sezioni maggiormente significative per il dimensionamento delle travi di impalcato, le verifiche di resistenza e di durabilità, ovvero le verifiche dello stato tensionale ed a fessurazione, della carpenteria e delle armature delle travi di impalcato.

Le verifiche di resistenza allo *SLU* delle sollecitazioni di flessione retta sono effettuate determinando il valore del minimo momento resistente M_{Rd} , tra quelli ottenuti a sforzo assiale costante ed a eccentricità costante, e controllando che sia maggiore del massimo momento sollecitante M_{Ed} :

$$M_{Rd} \geq M_{Ed};$$

ovvero che il coefficiente di sicurezza definito come:

$$FS = M_{Rd}/M_{Ed} (\geq 1);$$

sia sempre maggiore o uguale all'unità.

Si evidenzia che il momento resistente è determinato tramite il programma di calcolo "PresFle" della *Concrete*. Si effettua la verifica per la sezione più sollecitata in mezzeria a flessione (sezione S3) essendo la verifica per le sezioni in prossimità degli appoggi automaticamente verificata in virtù della minore sollecitazione flettente.

Le verifiche di resistenza allo *SLU* della sollecitazione di taglio verticale e di torsione denominate verifiche a "taglio+torsione" sono effettuate determinando il valore del minimo taglio resistente V_{Rd} , tra quello delle bielle di acciaio e delle bielle di calcestruzzo, e controllando che sia maggiore del massimo taglio sollecitante totale V_{Ed-TOT} :

$$V_{Rd} \geq V_{Ed-TOT} \quad \Rightarrow \quad FS = V_{Rd}/V_{Ed-TOT} (\geq 1).$$

Si segnala che per le sole travi di impalcato la verifica a "taglio+torsione" è effettuata tenendo conto della precompressione solo per le sezioni poste a distanza maggiore di 0.95 cm circa dalla testata della trave (lunghezza di diffusione della precompressione) ovvero considerando un valore di $ctg\theta$ pari a:

$$ctg\theta = \tau/\sigma_i;$$

con

τ = tensione tangenziale sulla corda baricentrica della sezione interamente reagente;

σ_i = tensione principale di trazione sulla corda baricentrica della sezione interamente reagente.

Per le sezioni da testa trave fino a 110 cm circa ($80 \times \phi_{trefolo}$) la verifica è effettuata come per una sezione in c.a. ordinario considerando, in favore di sicurezza, un valore di $ctg\theta=1$ per la valutazione della resistenza delle bielle di acciaio ed un valore di $ctg\theta=2.5$ per la valutazione della resistenza delle bielle di calcestruzzo. Le verifiche di durabilità consistono nel controllo dello stato tensionale e nel controllo della formazione delle fessure ovvero dell'eventuale ampiezza delle stesse. I calcoli sono eseguiti assumendo per le barre di armatura un coefficiente di omogeneizzazione $n=6$.

Si evidenzia che trattandosi di c.a.p. si può effettuare la verifica dello stato tensionale ed il controllo della fessurazione nell'ipotesi di sezione interamente reagente ovvero di calcestruzzo reagente a trazione; se la tensione di trazione nel calcestruzzo non supera il valore di riferimento pari a " $f_{ctm}/1.2$ " (calcolo di sezione interamente reagente garantito) allora la verifica a fessurazione è soddisfatta nei confronti della formazione delle fessure mentre se si supera il valore di riferimento allora si effettua il calcolo dell'ampiezza delle fessure, con la procedura prevista nel *D.M.2008*, verificandone i limiti. In questa ultima ipotesi si dovrà considerare inoltre l'incremento di tensione nei trefoli di precompressione indotto dai carichi esterni di seconda fase.

<p>MANDATARIA</p>  <p>CONDIZIONE STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</p> <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>										
<p>IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato</p>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	71

Sempre con riferimento alle verifiche di durabilità si riportano inoltre le verifiche a vuoto delle travi in esame ovvero le verifiche dello stato tensionale delle fibre superiori all'atto del taglio dei trefoli. Si ricorda che tale fase è provvisoria e pertanto non è necessario effettuare la verifica a fessurazione in quanto l'esercizio delle travi *"tende ad annullare"* lo stato tensionale di trazione al lembo superiore della sola trave in c.a.p. Le verifiche sono condotte sia per la trave di bordo che per la trave centrale.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	72

14. VERIFICA TRAVI DI BORDO

Si riportano di seguito, per le sezioni maggiormente significative per il dimensionamento delle travi di impalcato, le verifiche di resistenza e di durabilità, ovvero le verifiche dello stato tensionale ed a fessurazione.

14.1 PRECOMPRESSIONE E CADUTE DI TENSIONE

Nei paragrafi che seguono sono calcolate le precompressioni iniziali e valutate le cadute di tensione nelle diverse fasi di calcolo considerate

14.1.1 Precompressione iniziale e peso trave – verifica all'atto del rilascio

Per le verifiche all'atto del rilascio si considerano i valori di sforzo normale e momento flettente dovuti alla precompressione determinati con una lunghezza di trasmissione della precompressione pari al valore inferiore di l_{pt} ed assumendo che all'estremità delle guaine i corrispondenti cavi siano attivi (condizioni che massimizzano i valori delle tensioni di trazione al lembo teso e compressione al lembo compresso).

Si considerano i soli effetti di precompressione e peso proprio. Sezione resistente trave isolata.

Verifica delle condizioni iniziali														
$x_{test, trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse, pila}$ [m]	P_0 [kN]	M_{P0} [kNm]	σ_{p0ts} [MPa]	σ_{p0ti} [MPa]	σ_{p0pi} [MPa]	M_{g0} [kNm]	$\Delta\sigma_{g0ts}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g0ti}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g0pi}$ [MPa]	$\sigma_{ts, li}$ [MPa]	$\sigma_{ti, li}$ [MPa]	$\sigma_{i, pi}$ [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	S2	0.50	5629.5	-1605.5	0.00	10.31	7.59	97.6	0.33	-0.29	-0.13	0.33	10.02	7.46
2.02	S3	1.52	7130.7	-2201.6	0.24	17.53	13.56	283.0	1.22	-1.00	-0.49	1.46	16.53	13.07
2.40	S4	1.90	7881.3	-2535.2	-0.20	19.65	15.30	347.5	1.50	-1.22	-0.63	1.30	18.43	14.67
5.82	S5	5.32	7881.3	-2535.2	-0.20	19.65	15.30	813.7	3.51	-2.86	-1.46	3.31	16.79	13.83
8.86	S6	8.36	7881.3	-2535.2	-0.20	19.65	15.30	1056.3	4.56	-3.72	-1.90	4.35	15.94	13.40
11.90	S7 (Mezz)	11.40	7881.3	-2535.2	-0.20	19.65	15.30	1137.2	4.91	-4.00	-2.05	4.70	15.65	13.25
14.94	S8	14.44	7881.3	-2535.2	-0.20	19.65	15.30	1056.3	4.56	-3.72	-1.90	4.35	15.94	13.40
17.98	S9	17.48	7881.3	-2535.2	-0.20	19.65	15.30	813.7	3.51	-2.86	-1.46	3.31	16.79	13.83
21.40	S10	20.90	7881.3	-2535.2	-0.20	19.65	15.30	347.5	1.50	-1.22	-0.63	1.30	18.43	14.67
21.78	S11	21.28	7130.7	-2201.6	0.24	17.53	13.56	283.0	1.22	-1.00	-0.49	1.46	16.53	13.07
22.80	S12	22.30	5629.5	-1605.5	0.00	10.31	7.59	97.6	0.33	-0.29	-0.13	0.33	10.02	7.46
23.80	S13 (J)	23.30	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Per tutte le sezioni risulta $\sigma_t < f_{ctm}/1.2$. La verifica è soddisfatta

14.1.2 Tensioni al termine della prima fase (45gg)

Si riporta la determinazione della prima fase di cadute di tensione al 45° giorno dalla messa in tiro che potrebbe coincidere con il varo delle travi.

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	73

Cadute di tensione al giorno						45					
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	ϵ_{cs} ‰	$\Delta\sigma_{cs}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{pr}$ [MPa]	ϕ	$\Delta\sigma_{creep}$ [MPa]	$\Sigma\Delta\sigma$ [MPa]	Denom	$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$ [MPa]	
0.00	S1 (I)	-0.50	0.157	30.62	16.72	1.060	0.00	47.34	1.05	45.11	
1.00	S2	0.50	0.157	30.62	16.72	1.060	37.51	84.84	1.05	80.85	
2.02	S3	1.52	0.157	30.62	16.72	1.060	40.97	88.31	1.06	83.66	
2.40	S4	1.90	0.157	30.62	16.72	1.060	73.54	120.87	1.10	109.95	
5.82	S5	5.32	0.157	30.62	16.72	1.060	78.51	125.85	1.11	113.16	
8.86	S6	8.36	0.157	30.62	16.72	1.060	76.03	123.37	1.11	110.93	
11.90	S7(Mezz)	11.40	0.157	30.62	16.72	1.060	75.21	122.54	1.11	110.19	
14.94	S8	14.44	0.157	30.62	16.72	1.060	76.03	123.37	1.11	110.93	
17.98	S9	17.48	0.157	30.62	16.72	1.060	78.51	125.85	1.11	113.16	
21.40	S10	20.90	0.157	30.62	16.72	1.060	73.54	120.87	1.10	109.95	
21.78	S11	21.28	0.157	30.62	16.72	1.060	40.97	88.31	1.06	83.66	
22.80	S12	22.30	0.157	30.62	16.72	1.060	37.51	84.84	1.05	80.85	
23.80	S13 (J)	23.30	0.157	30.62	16.72	1.060	0.00	47.34	1.05	45.11	

Al termine del 45° si ottengono le seguenti tensioni risultanti:

Tensioni risultanti al giorno :						45					
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	$\Delta_1 P$ [kN]	$\Delta_1 M_p$ [kNm]	$\Delta_1 \sigma_{ts,p}$ [MPa]	$\Delta_1 \sigma_{ti,p}$ [MPa]	$\Delta_1 \sigma_{pi,p}$ [MPa]	$\sigma_{ts,1f}$ [MPa]	$\sigma_{ti,1f}$ [MPa]	$\sigma_{pi,1f}$ [MPa]	
0.00	S1 (I)	-0.50									
1.00	S2	0.50	-337.14	139.75	0.06	-0.57	-0.40	-0.74	8.70	6.20	
2.02	S3	1.52	-348.84	99.49	0.00	-0.64	-0.47	0.97	8.82	6.75	
2.40	S4	1.90	-580.74	179.31	-0.02	-1.43	-1.10	1.72	14.87	11.85	
5.82	S5	5.32	-660.63	212.51	0.02	-1.65	-1.28	3.32	15.14	12.55	
8.86	S6	8.36	-647.62	208.32	0.02	-1.61	-1.26	4.37	14.32	12.14	
11.90	S7(Mezz)	11.40	-643.28	206.93	0.02	-1.60	-1.25	4.72	14.05	12.00	
14.94	S8	14.44	-647.62	208.32	0.02	-1.61	-1.26	4.37	14.32	12.14	
17.98	S9	17.48	-660.63	212.51	0.02	-1.65	-1.28	3.32	15.14	12.55	
21.40	S10	20.90	-580.74	179.31	-0.02	-1.43	-1.10	1.72	14.87	11.85	
21.78	S11	21.28	-348.84	99.49	0.00	-0.64	-0.47	0.97	8.82	6.75	
22.80	S12	22.30	-337.14	139.75	0.06	-0.57	-0.40	-0.74	8.70	6.20	
23.80	S13 (J)	23.30									

14.1.3 Fase 2: Precompressione traversi e getti in opera

Si determinano nel seguito le tensioni dovute al getto in opera della soletta e si valuta l'aliquota di cadute di tensione tra 45 e 60 gg. Sezione resistente trave isolata.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato			COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
			LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	74

Tensioni dovute al getto soletta sulla trave di bordo									
$x_{test, trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse\ pila}$ [m]	M_{g1} [kNm]	$\Delta\sigma_{g1ts}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g1ti}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g1pi}$ [MPa]	$\sigma_{s,2ts}$ [MPa]	$\sigma_{i,2ti}$ [MPa]	$\sigma_{i,2pi}$ [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50							
1.00	S2	0.50	117	0.23	-0.29	-0.16	-0.51	8.40	6.05
2.02	S3	1.52	338	1.16	-1.02	-0.44	2.13	7.81	6.31
2.40	S4	1.90	415	1.79	-1.47	-0.72	3.51	13.40	11.13
5.82	S5	5.32	973	4.20	-3.42	-1.75	7.52	11.72	10.80
8.86	S6	8.36	1263	5.45	-4.44	-2.27	9.82	9.88	9.87
11.90	S7(Mezz)	11.40	1360	5.87	-4.78	-2.45	10.59	9.26	9.55
14.94	S8	14.44	1263	5.45	-4.44	-2.27	9.82	9.88	9.87
17.98	S9	17.48	973	4.20	-3.42	-1.75	7.52	11.72	10.80
21.40	S10	20.90	415	1.79	-1.47	-0.72	3.51	13.40	11.13
21.78	S11	21.28	338	1.16	-1.02	-0.44	2.13	7.81	6.31
22.80	S12	22.30	117	0.23	-0.29	-0.16	-0.51	8.40	6.05
23.80	S13 (J)	23.30							

Parziale cadute di tensione tra il 45° e il 60° giorno:

$x_{test, trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse\ pila}$ [m]	Cadute di tensione dal giorno		45	al giorno	60	(seconda quota delle cadute di tension			
			$\Delta\varepsilon_{cs}$ ‰	$\Delta\sigma_{cs}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{pr}$ [MPa]	$\Delta\phi$	$\Delta\sigma_{creep}$ [MPa]	$\Sigma\Delta\sigma$ [MPa]	Denom	$\Delta\sigma_{p,cs+sr}$ [MPa]	
0.00	S1 (I)	-0.50	0.022	4.29	1.01	0.080	0.00	5.30	1.03	5.15	
1.00	S2	0.50	0.022	4.29	1.01	0.080	2.76	8.06	1.03	7.84	
2.02	S3	1.52	0.022	4.29	1.01	0.080	2.90	8.20	1.03	7.95	
2.40	S4	1.90	0.022	4.29	1.01	0.080	5.24	10.54	1.06	9.97	
5.82	S5	5.32	0.022	4.29	1.01	0.080	5.18	10.48	1.06	9.84	
8.86	S6	8.36	0.022	4.29	1.01	0.080	4.76	10.06	1.06	9.45	
11.90	S7(Mezz)	11.40	0.022	4.29	1.01	0.080	4.63	9.93	1.06	9.33	
14.94	S8	14.44	0.022	4.29	1.01	0.080	4.76	10.06	1.06	9.45	
17.98	S9	17.48	0.022	4.29	1.01	0.080	5.18	10.48	1.06	9.84	
21.40	S10	20.90	0.022	4.29	1.01	0.080	5.24	10.54	1.06	9.97	
21.78	S11	21.28	0.022	4.29	1.01	0.080	2.90	8.20	1.03	7.95	
22.80	S12	22.30	0.022	4.29	1.01	0.080	2.76	8.06	1.03	7.84	
23.80	S13 (J)	23.30	0.022	4.29	1.01	0.080	0.00	5.30	1.03	5.15	

Al 60° giorno si hanno le seguenti tensioni risultanti.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato			COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
			LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	75

Tensioni risultanti al giorno : 60										
$x_{\text{test, trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	$\Delta_2 P$ [kN]	$\Delta_2 M_p$ [kNm]	$\Delta_2 \sigma_{ts,p}$ [MPa]	$\Delta_2 \sigma_{ti,p}$ [MPa]	$\Delta_2 \sigma_{pi,p}$ [MPa]	$\sigma_{ts,2f}$ [MPa]	$\sigma_{ti,2f}$ [MPa]	$\sigma_{pi,2f}$ [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50								
1.00	S2	0.50	-32.70	13.55	0.01	-0.06	-0.04	-0.50	8.35	6.01
2.02	S3	1.52	-33.14	9.45	0.00	-0.06	-0.04	2.13	7.75	6.26
2.40	S4	1.90	-52.67	16.26	0.00	-0.13	-0.10	3.51	13.27	11.03
5.82	S5	5.32	-57.45	18.48	0.00	-0.14	-0.11	7.52	11.58	10.69
8.86	S6	8.36	-55.19	17.75	0.00	-0.14	-0.11	9.82	9.74	9.76
11.90	S7(Mezz)	11.40	-54.44	17.51	0.00	-0.14	-0.11	10.59	9.13	9.45
14.94	S8	14.44	-55.19	17.75	0.00	-0.14	-0.11	9.82	9.74	9.76
17.98	S9	17.48	-57.45	18.48	0.00	-0.14	-0.11	7.52	11.58	10.69
21.40	S10	20.90	-52.67	16.26	0.00	-0.13	-0.10	3.51	13.27	11.03
21.78	S11	21.28	-33.14	9.45	0.00	-0.06	-0.04	2.13	7.75	6.26
22.80	S12	22.30	-32.70	13.55	0.01	-0.06	-0.04	-0.50	8.35	6.01
23.80	S13 (J)	23.30								

14.1.4 Carichi permanenti portati

Nella terza fase si considerano le cadute che si sviluppano dall'applicazione dei carichi permanenti portati fino a tempo infinito. Le cadute della terza fase sono scontate sulla sezione mista trave – soletta.

Tensioni dovute ai carichi permanenti portati sulla trave di bordo													
$x_{\text{test, trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	M_{g2} [kNm]	$\Delta \sigma_{g2ss}$ [MPa]	$\Delta \sigma_{g2si}$ [MPa]	$\Delta \sigma_{g2ts}$ [MPa]	$\Delta \sigma_{g2ti}$ [MPa]	$\Delta \sigma_{g2pi}$ [MPa]	$\sigma_{ss,3i}$ [MPa]	$\sigma_{si,3i}$ [MPa]	$\sigma_{ts,3i}$ [MPa]	$\sigma_{ti,3i}$ [MPa]	$\sigma_{pi,3i}$ [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50											
1.00	S2	0.50	56.68	0.06	0.04	0.04	-0.10	-0.06	0.06	0.04	-0.46	8.25	5.95
2.02	S3	1.52	190.79	0.23	0.14	0.15	-0.36	-0.22	0.23	0.14	2.28	7.39	6.04
2.40	S4	1.90	227.60	0.28	0.17	0.18	-0.52	-0.36	0.28	0.17	3.69	12.76	10.67
5.82	S5	5.32	495.54	0.61	0.36	0.39	-1.12	-0.79	0.61	0.36	7.91	10.45	9.90
8.86	S6	8.36	609.60	0.75	0.45	0.48	-1.38	-0.97	0.75	0.45	10.30	8.36	8.78
11.90	S7(Mezz)	11.40	673.26	0.83	0.49	0.53	-1.53	-1.08	0.83	0.49	11.12	7.60	8.37
14.94	S8	14.44	609.60	0.75	0.45	0.48	-1.38	-0.97	0.75	0.45	10.30	8.36	8.78
17.98	S9	17.48	495.54	0.61	0.36	0.39	-1.12	-0.79	0.61	0.36	7.91	10.45	9.90
21.40	S10	20.90	227.60	0.28	0.17	0.18	-0.52	-0.36	0.28	0.17	3.69	12.76	10.67
21.78	S11	21.28	190.79	0.23	0.14	0.15	-0.36	-0.22	0.23	0.14	2.28	7.39	6.04
22.80	S12	22.30	56.68	0.06	0.04	0.04	-0.10	-0.06	0.06	0.04	-0.46	8.25	5.95
23.80	S13 (J)	23.30											

Segue la terza aliquota di cadute di tensione:

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

Cadute di tensione dal giorno			60	a tempo infinito			(terza quota delle cadute di tensione)			
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	$\Delta\epsilon_{cs}$ ‰	$\Delta\sigma_{cs}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{pr}$ [MPa]	$\Delta\phi$	$\Delta\sigma_{creep}$ [MPa]	$\Sigma\Delta\sigma$ [MPa]	Denom	$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$ [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.179	34.91	41.33	1.050	0.00	76.24	1.02	74.79
1.00	S2	0.50	0.179	34.91	41.33	1.050	40.72	116.96	1.02	114.76
2.02	S3	1.52	0.179	34.91	41.33	1.050	69.72	145.95	1.03	142.33
2.40	S4	1.90	0.179	34.91	41.33	1.050	76.43	152.66	1.04	146.87
5.82	S5	5.32	0.179	34.91	41.33	1.050	63.47	139.71	1.04	133.89
8.86	S6	8.36	0.179	34.91	41.33	1.050	57.06	133.30	1.04	127.74
11.90	S7(Mezz)	11.40	0.179	34.91	41.33	1.050	54.69	130.93	1.04	125.47
14.94	S8	14.44	0.179	34.91	41.33	1.050	57.06	133.30	1.04	127.74
17.98	S9	17.48	0.179	34.91	41.33	1.050	63.47	139.71	1.04	133.89
21.40	S10	20.90	0.179	34.91	41.33	1.050	76.43	152.66	1.04	146.87
21.78	S11	21.28	0.179	34.91	41.33	1.050	69.72	145.95	1.03	142.33
22.80	S12	22.30	0.179	34.91	41.33	1.050	40.72	116.96	1.02	114.76
23.80	S13 (J)	23.30	0.179	34.91	41.33	1.050	0.00	76.24	1.02	74.80

Risultano le seguenti tensioni dovute ai permanenti a tempo infinito

Tensioni dovute ai permanenti a tempo infinito															
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	Δ_3P [kN]	Δ_3M_p [kNm]	$\Delta_3\sigma_{ss,p}$ [MPa]	$\Delta_3\sigma_{si,p}$ [MPa]	$\Delta_3\sigma_{ts,p}$ [MPa]	$\Delta_3\sigma_{ti,p}$ [MPa]	$\Delta_3\sigma_{pi,p}$ [MPa]	$\sigma_{ss,3f}$ [MPa]	$\sigma_{si,3f}$ [MPa]	$\sigma_{ts,3f}$ [MPa]	$\sigma_{ti,3f}$ [MPa]	$\sigma_{pi,3f}$ [MPa]	σ_{3Gf} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50													
1.00	S2	0.50	-478.53	298.96	0.10	-0.02	-0.01	-0.75	-0.56	0.16	0.01	-0.47	7.50	5.39	1.84
2.02	S3	1.52	-593.52	362.70	0.06	-0.10	-0.07	-1.05	-0.79	0.29	0.05	2.20	6.33	5.24	3.44
2.40	S4	1.90	-775.76	557.24	0.10	-0.18	-0.15	-1.86	-1.47	0.38	-0.01	3.54	10.90	9.21	5.43
5.82	S5	5.32	-781.62	571.49	0.11	-0.17	-0.14	-1.89	-1.50	0.73	0.19	7.78	8.56	8.39	7.98
8.86	S6	8.36	-745.74	545.25	0.11	-0.17	-0.13	-1.80	-1.44	0.86	0.28	10.17	6.56	7.35	9.24
11.90	S7(Mezz)	11.40	-732.48	535.56	0.11	-0.16	-0.13	-1.77	-1.41	0.94	0.33	10.99	5.83	6.96	9.66
14.94	S8	14.44	-745.74	545.25	0.11	-0.17	-0.13	-1.80	-1.44	0.86	0.28	10.17	6.56	7.35	9.24
17.98	S9	17.48	-781.62	571.49	0.11	-0.17	-0.14	-1.89	-1.50	0.73	0.19	7.78	8.56	8.39	7.98
21.40	S10	20.90	-775.76	557.24	0.10	-0.18	-0.15	-1.86	-1.47	0.38	-0.01	3.54	10.90	9.21	5.43
21.78	S11	21.28	-593.52	362.70	0.06	-0.10	-0.07	-1.05	-0.79	0.29	0.05	2.20	6.33	5.24	3.44
22.80	S12	22.30	-478.53	298.96	0.10	-0.02	-0.01	-0.75	-0.56	0.16	0.01	-0.47	7.50	5.39	1.84
23.80	S13 (J)	23.30													

14.1.5 Fase 3: Tensioni dovute ai carichi di terza fase

Si riportano di seguito i valori delle tensioni dovute a carichi e sovraccarichi di terza fase su sezione mista trave + soletta

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	77

Tensioni dovute alle variazioni positive di temperatura sull'impalcato								
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	$M_{\Delta T}$ [kNm]	$\Delta\sigma_{\Delta T_{ss}}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{\Delta T_{si}}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{\Delta T_{ts}}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{\Delta T_{ti}}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{\Delta T_{pi}}$ [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50						
1.00	S2	0.50	574.03	0.62	0.38	0.41	-1.02	-0.64
2.02	S3	1.52	588.80	0.70	0.44	0.48	-1.11	-0.69
2.40	S4	1.90	525.16	0.65	0.38	0.42	-1.20	-0.83
5.82	S5	5.32	526.88	0.65	0.38	0.42	-1.20	-0.84
8.86	S6	8.36	526.88	0.65	0.38	0.42	-1.20	-0.84
11.90	S7(Mezz)	11.40	526.88	0.65	0.38	0.42	-1.20	-0.84
14.94	S8	14.44	526.88	0.65	0.38	0.42	-1.20	-0.84
17.98	S9	17.48	526.88	0.65	0.38	0.42	-1.20	-0.84
21.40	S10	20.90	525.16	0.65	0.38	0.42	-1.20	-0.83
21.78	S11	21.28	588.80	0.70	0.44	0.48	-1.11	-0.69
22.80	S12	22.30	574.03	0.62	0.38	0.41	-1.02	-0.64
23.80	S13 (J)	23.30						

Tensioni dovute alle variazioni negative di temperatura sull'impalcato								
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	$M_{\Delta T}$ [kNm]	$\Delta\sigma_{\Delta T_{ss}}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{\Delta T_{si}}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{\Delta T_{ts}}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{\Delta T_{ti}}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{\Delta T_{pi}}$ [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50						
1.00	S2	0.50	-574.03	-0.62	-0.38	-0.41	1.02	0.64
2.02	S3	1.52	-588.80	-0.70	-0.44	-0.48	1.11	0.69
2.40	S4	1.90	-525.16	-0.65	-0.38	-0.42	1.20	0.83
5.82	S5	5.32	-526.88	-0.65	-0.38	-0.42	1.20	0.84
8.86	S6	8.36	-526.88	-0.65	-0.38	-0.42	1.20	0.84
11.90	S7(Mezz)	11.40	-526.88	-0.65	-0.38	-0.42	1.20	0.84
14.94	S8	14.44	-526.88	-0.65	-0.38	-0.42	1.20	0.84
17.98	S9	17.48	-526.88	-0.65	-0.38	-0.42	1.20	0.84
21.40	S10	20.90	-525.16	-0.65	-0.38	-0.42	1.20	0.83
21.78	S11	21.28	-588.80	-0.70	-0.44	-0.48	1.11	0.69
22.80	S12	22.30	-574.03	-0.62	-0.38	-0.41	1.02	0.64
23.80	S13 (J)	23.30						

Tensioni dovute al ritiro differenziale trave soletta									
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	N_{rd} [kN]	M_{rd} [kNm]	$\Delta\sigma_{rd,ss}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{rd,si}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{rd,ts}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{rd,ti}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{rd,pi}$ [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50							
1.00	S2	0.50	489	551.00	0.82	0.60	0.63	-0.75	-0.38
2.02	S3	1.52	489	551.00	0.96	0.71	0.75	-0.74	-0.35
2.40	S4	1.90	489	551.00	1.05	0.77	0.81	-0.89	-0.50
5.82	S5	5.32	489	551.00	1.05	0.77	0.81	-0.88	-0.51
8.86	S6	8.36	489	551.00	1.05	0.77	0.81	-0.88	-0.51
11.90	S7(Mezz)	11.40	489	551.00	1.05	0.77	0.81	-0.88	-0.51
14.94	S8	14.44	489	551.00	1.05	0.77	0.81	-0.88	-0.51
17.98	S9	17.48	489	551.00	1.05	0.77	0.81	-0.88	-0.51
21.40	S10	20.90	489	551.00	1.05	0.77	0.81	-0.89	-0.50
21.78	S11	21.28	489	551.00	0.96	0.71	0.75	-0.74	-0.35
22.80	S12	22.30	489	551.00	0.82	0.60	0.63	-0.75	-0.38
23.80	S13 (J)	23.30							

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	78

14.1.6 Riassunto cadute di tensioni acciaio da precompressione

Si riportano di seguito i valori di sforzo normale e momento flettente di precompressione a tempo infinito, somma delle cadute parziali delle tre fasi che saranno poi impiegate per le verifiche allo SLE.

$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	σ_{pi0} [MPa]	$\Delta\sigma_{pl}$ [MPa]	σ_{pl} [MPa]	$\Delta\sigma_{pII}$ [MPa]	σ_{pII} [MPa]	$\Delta\sigma_{pIII}$ [MPa]	σ_{pIII} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50							
1.00	S2	0.50	1350.00	-80.85	1269.15	-7.84	1261.31	-114.76	1146.56
2.02	S3	1.52	1350.00	-83.66	1266.34	-7.95	1258.40	-142.33	1116.07
2.40	S4	1.90	1350.00	-109.95	1240.05	-9.97	1230.08	-146.87	1083.21
5.82	S5	5.32	1350.00	-113.16	1236.84	-9.84	1227.00	-133.89	1093.11
8.86	S6	8.36	1350.00	-110.93	1239.07	-9.45	1229.61	-127.74	1101.88
11.90	S7(Mezz)	11.40	1350.00	-110.19	1239.81	-9.33	1230.49	-125.47	1105.02
14.94	S8	14.44	1350.00	-110.93	1239.07	-9.45	1229.61	-127.74	1101.88
17.98	S9	17.48	1350.00	-113.16	1236.84	-9.84	1227.00	-133.89	1093.11
21.40	S10	20.90	1350.00	-109.95	1240.05	-9.97	1230.08	-146.87	1083.21
21.78	S11	21.28	1350.00	-83.66	1266.34	-7.95	1258.40	-142.33	1116.07
22.80	S12	22.30	1350.00	-80.85	1269.15	-7.84	1261.31	-114.76	1146.56
23.80	S13 (J)	23.30							

$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	$\Delta\sigma_{p,lente}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{p,ist.}$ [MPa]	$\Sigma\Delta\sigma_p$ [MPa]	$\sigma_{p,fin}$ [MPa]	Δ_{res} %
0.00	S1 (I)	-0.50					
1.00	S2	0.50	-203.44	-35.38	-238.83	1111.17	83%
2.02	S3	1.52	-233.93	-38.65	-272.59	1077.41	81%
2.40	S4	1.90	-266.79	-69.38	-336.16	1013.84	76%
5.82	S5	5.32	-256.89	-74.07	-330.95	1019.05	76%
8.86	S6	8.36	-248.12	-71.73	-319.85	1030.15	77%
11.90	S7(Mezz)	11.40	-244.98	-70.95	-315.93	1034.07	77%
14.94	S8	14.44	-248.12	-71.73	-319.85	1030.15	77%
17.98	S9	17.48	-256.89	-74.07	-330.95	1019.05	76%
21.40	S10	20.90	-266.79	-69.38	-336.16	1013.84	76%
21.78	S11	21.28	-233.93	-38.65	-272.59	1077.41	81%
22.80	S12	22.30	-203.44	-35.38	-238.83	1111.17	83%
23.80	S13 (J)	23.30					

Precompressione a tempo infinito				
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	$N_{p,fin}$ [kN]	$M_{p,fin}$ [kNm]
0.00	S1 (I)	-0.50		
1.00	S2	0.50	4633.59	-1920.75
2.02	S3	1.52	4492.80	-1281.33
2.40	S4	1.90	5355.08	-1653.41
5.82	S5	5.32	5949.19	-1913.70
8.86	S6	8.36	6013.99	-1934.54
11.90	S7(Mezz)	11.40	6036.88	-1941.91
14.94	S8	14.44	6013.99	-1934.54
17.98	S9	17.48	5949.19	-1913.70
21.40	S10	20.90	5355.08	-1653.41
21.78	S11	21.28	4492.80	-1281.33
22.80	S12	22.30	4633.59	-1920.75
23.80	S13 (J)	23.30		

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	79

14.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER SFORZO NORMALE E FLESSIONE

Si riportano i valori caratteristici delle sollecitazioni di verifica e di seguito i loro valori combinati allo SLU. I valori delle sollecitazioni per i carichi da traffico sono racchiusi in un'unica colonna. L'ultima colonna riporta le sollecitazioni caratteristiche per effetto dell'azione del vento.

Verifica sezioni a momento positivo - Valori caratteristici di sollecitazione										
$X_{test.trave}$ [m]	Sez.	$X_{asse\ pila}$ [m]	M_{G0} [kNm]	M_{G1} [kNm]	M_{G2} [kNm]	$M_{Q,traff}$ [kNm]	N_{rd} [kN]	M_{rd} [kNm]	$M_{\Delta t}$ [kNm]	M_w [kNm]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.00	489.0	551.0	0.0	0.0
1.00	S2	0.50	97.6	116.7	56.7	180.26	489.0	551.0	574.0	20.2
2.02	S3	1.52	283.0	338.4	190.8	545.92	489.0	551.0	588.8	73.1
2.40	S4	1.90	347.5	415.5	227.6	651.37	489.0	551.0	525.2	78.2
5.82	S5	5.32	813.7	972.9	495.5	1492.75	489.0	551.0	526.9	168.1
8.86	S6	8.36	1056.3	1263.0	609.6	1901.25	489.0	551.0	526.9	205.9
11.90	S7(Mezz)	11.40	1137.2	1359.7	673.3	2013.3	489.0	551.0	526.9	223.9
14.94	S8	14.44	1056.3	1263.0	609.6	1901.25	489.0	551.0	526.9	205.9
17.98	S9	17.48	813.7	972.9	495.5	1492.75	489.0	551.0	526.9	168.1
21.40	S10	20.90	347.5	415.5	227.6	651.37	489.0	551.0	525.2	78.2
21.78	S11	21.28	283.0	338.4	190.8	545.92	489.0	551.0	588.8	73.1
22.80	S12	22.30	97.6	116.7	56.7	180.3	489.0	551.0	574.0	20.2
23.80	S13 (J)	23.30	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	0.0
Coeff. SLU			1.35	1.35	1.5	1.35	1.2	1.2	0.9	0.9

Si ottengono così i seguenti valori del momento flettente agente M_{ed} in combinazione slu.

Verifica sezioni a momento positivo - Valori sollecitazione allo SLU												
$X_{test.trave}$ [m]	Sez.	$X_{asse\ pila}$ [m]	M_{G0} [kNm]	M_{G1} [kNm]	M_{G2} [kNm]	$M_{Q,tan}$ [kNm]	N_{rd} [kN]	M_{rd} [kNm]	$M_{\Delta t}$ [kNm]	M_w [kNm]	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	586.8	661.2	0.0	0.0	586.8	661.2
1.00	S2	0.50	131.7	157.5	85.0	243.4	586.8	661.2	516.6	18.2	586.8	1813.6
2.02	S3	1.52	382.1	456.9	286.2	737.0	586.8	661.2	529.9	65.8	586.8	3119.0
2.40	S4	1.90	469.1	560.9	341.4	879.3	586.8	661.2	472.6	70.3	586.8	3454.9
5.82	S5	5.32	1098.5	1313.5	743.3	2015.2	586.8	661.2	474.2	151.3	586.8	6457.2
8.86	S6	8.36	1426.0	1705.1	914.4	2566.7	586.8	661.2	474.2	185.3	586.8	7932.8
11.90	S7(Mezz)	11.40	1535.2	1835.6	1009.9	2717.9	586.8	661.2	474.2	201.5	586.8	8435.5
14.94	S8	14.44	1426.0	1705.1	914.4	2566.7	586.8	661.2	474.2	185.3	586.8	7932.8
17.98	S9	17.48	1098.5	1313.5	743.3	2015.2	586.8	661.2	474.2	151.3	586.8	6457.2
21.40	S10	20.90	469.1	560.9	341.4	879.3	586.8	661.2	472.6	70.3	586.8	3454.9
21.78	S11	21.28	382.1	456.9	286.2	737.0	586.8	661.2	529.9	65.8	586.8	3119.0
22.80	S12	22.30	131.7	157.5	85.0	243.4	586.8	661.2	516.6	18.2	586.8	1813.6
23.80	S13 (J)	23.30	0.0	0.0	0.0	0.0	586.8	661.2	0.0	0.0	586.8	661.2

Si verificano, nel seguente paragrafo, le sezioni caratteristiche nei confronti dello SLU.

14.2.1 Verifiche a pressoflessione

Si riportano di seguito le verifiche strutturali delle sezioni per momento positivo. Per tutte le sezioni si considera la presenza di armatura di soletta $\phi 12/20$ cm.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	80

Le verifiche sono svolte mediante ausilio del software VcaSlu.

Nella determinazione del momento resistente si considerano solo i trefoli attivi nella sezione considerata, si trascura il contributo dell'armatura lenta inferiore della trave. Coerentemente con il limite deformativo dell'acciaio da precompressione si imposta $\epsilon_{su} = 1\%$

La verifica a flessione è svolta per la sezione di mezzzeria S7, e le sezioni S4 ed S3 ove avviene la variazione del numero dei trefoli

Verifica C.A. S.L.U. - File: VI03_Mezzeria_S7

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

Titolo: Sez Mezzzeria

N° Vertici: 35 **N° barre:** 2

N°	x [cm]	y [cm]
1	0.1	145
2	60.01	145
3	60.01	140
4	55.01	140
5	55.01	135
6	53.48	117

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	11.31	0	160
2	11.31	0	150

Armatura Precompressione

N° cavi: 4

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	σ_{sp} [MPa]
1	16.68	0	7	1080
2	16.68	0	11	1080
3	16.68	0	17	1080
4	8.34	0	135	1080

Materiali

B450C **C45/55**

ϵ_{su} 10 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 25.5 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 16
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.9333
 τ_{c1} 2.543

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

Tipo flessione: Retta

Calcola MRd **Dominio M-N**

M_{xRd} 10'851 kN m

σ_c -23.52 N/mm²
 σ_s -71.37 N/mm²
 ϵ_c 1.443 ‰
 ϵ_s -0.3568 ‰
 d 158 cm
 x 19.93 x/d 0.1261
 δ 0.7

Tipo cavo: Trefolo

ϵ_{su} 10 ‰
 f_{yd} 1'452 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ϵ_{syd} 7.26 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 1080 N/mm²

σ_{sp} 1'452 N/mm²
 ϵ_{sp} 15.4 ‰ compressa pref.

Precompresso

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{rd} \rightarrow 8436 < 10851 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Le verifiche delle sezioni S5,S6 sono da ritenersi soddisfatte in quanto a parità del numero di trefoli con la sezione S7, il valore del momento flettente di progetto risulta inferiore.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08		PROGR 001

Verifica C.A. S.L.U. - File: VI03_S4

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

Titolo : Sez Appoggio

N° Vertici 35 Zoom N° barre 2 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	60.01	140	1	11.31	0	160
2	45.01	140	2	11.31	0	150
3	45.01	135				
4	43.62	118.71				
5	32.65	45.92				
6	25.5	35.49				

Armatura Precompressione

N° cavi 4 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	σ _{sp} [MPa]
1	16.68	0	7	1080
2	16.68	0	11	1080
3	11.12	0	17	1080
4	8.34	0	135	1080

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

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

Tipologia flessione: Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C45/55

ε_{su} 10 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 25.5 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura: Lato acciaio - Cavo snervato

M_{xRd} 9'749 kNm

σ_c -22.84 N/mm²
 σ_s -55.28 N/mm²
 ε_c 1.354 ‰
 ε_s -0.2764 ‰
 d 158 cm
 x 18.85 x/d 0.1193
 δ 0.7

Armatura Precompressione

Tipologia cavo: Trefolo

ε_{su} 10 ‰
 f_{yd} 1'452 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ε_{syd} 7.26 ‰
 σ_{s,adm} 1080 N/mm²

σ_{sp} 1'452 N/mm²
 ε_{sp} 15.4 ‰ compressa predef.

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{rd} \rightarrow 3454 < 9749 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: VI03_S3

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

Titolo : Sez Appoggio

N° Vertici 35 Zoom N° barre 2 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	60.01	140	1	11.31	0	160
2	45.01	140	2	11.31	0	150
3	45.01	135				
4	43.62	118.71				
5	32.65	45.92				
6	25.5	35.49				

Armatura Precompressione

N° cavi 4 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	σ _{sp} [MPa]
1	16.68	0	7	1080
2	11.12	0	11	1080
3	5.56	0	17	1080
4	8.34	0	135	1080

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

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

Tipologia flessione: Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C45/55

ε_{su} 10 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 25.5 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura: Lato acciaio - Cavo snervato

M_{xRd} 7'478 kNm

σ_c -21.12 N/mm²
 σ_s -22.13 N/mm²
 ε_c 1.171 ‰
 ε_s -0.1106 ‰
 d 158 cm
 x 16.56 x/d 0.1048
 δ 0.7

Armatura Precompressione

Tipologia cavo: Trefolo

ε_{su} 10 ‰
 f_{yd} 1'452 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ε_{syd} 7.26 ‰
 σ_{s,adm} 1080 N/mm²

σ_{sp} 1'452 N/mm²
 ε_{sp} 15.4 ‰ compressa predef.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	82

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{rd} \rightarrow 3119 < 7478 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

La verifica della sezione S2 è da ritenersi soddisfatta in quanto a parità del numero di trefoli con la sezione S3, il valore del momento flettente di progetto risulta inferiore.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	83

14.3 VERIFICHE ALLO SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI E TORCENTI

Si riportano di seguito le verifiche strutturali delle sezioni a taglio e taglio – torsione.

Parametri adottati per le verifiche a taglio e torsione

$ctg\alpha =$	0.00	inclinazione dell'armatura trasversale rispetto asse trave			
$f_{cd} =$	25.87	resistenza di calcolo a compressione del cls			
$\nu =$	0.50	coefficiente riduttivo per cls fessurato a taglio			
$f'_{cd} =$	12.93	resistenza di calcolo corretta del cls			
$f_{ywd} =$	391.30	resistenza di calcolo delle armature a taglio			
$n_w =$	2.00	numero delle anime della sezione			
$u_m =$	5.12	perimetro medio del nucleo resistente			

Sulla base dei disegni esecutivi a cui si rimanda per approfondimenti, si definiscono i seguenti quantitativi di armatura trasversale.

Caratteristiche travi e armature a taglio - Singola nervatura trave												
$x_{test.trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse\ pila}$ [m]	$ctg\theta$	σ_{cp} [MPa]	α_c	b_w [cm]	bracci [-]	ϕ [mm]	p [cm]	$A_{s,w}/s$ [cm ² /m]	d [cm]	Ω [m ²]
0.00	S1 (I)	-0.50	1.00	0.00	1.00	24	2	14	10	30.79	140	1.40
1.00	S2	0.50	1.00	2.99	1.12	24	2	14	10	30.79	140	1.40
2.02	S3	1.52	1.00	4.38	1.17	24	2	14	10	30.79	140	1.59
2.40	S4	1.90	1.00	7.32	1.25	14	2	14	10	30.79	140	1.59
5.82	S5	5.32	2.00	8.10	1.25	14	2	14	20	15.39	140	1.59
8.86	S6	8.36	2.00	8.19	1.25	14	2	14	20	15.39	140	1.59
11.90	S7(Mezz)	11.40	2.00	8.22	1.25	14	2	14	20	15.39	140	1.59
14.94	S8	14.44	2.00	8.19	1.25	14	2	14	20	15.39	140	1.59
17.98	S9	17.48	2.00	8.10	1.25	14	2	14	20	15.39	140	1.59
21.40	S10	20.90	1.00	7.32	1.25	14	2	14	10	30.79	140	1.59
21.78	S11	21.28	1.00	4.38	1.17	24	2	14	10	30.79	140	1.59
22.80	S12	22.30	1.00	2.99	1.12	24	2	14	10	30.79	140	1.40
23.80	S13 (J)	23.30	1.00	0.00	1.00	24	2	14	10	30.79	140	1.40

Si riportano i valori caratteristici delle sollecitazioni di verifica e di seguito i loro valori combinati allo SLU. I valori delle sollecitazioni per i carichi da traffico sono racchiusi in un'unica colonna.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato			COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
			LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	84

Verifica sezioni - Valori caratteristici di sollecitazione									
X _{test.trave}	Sez.	X _{asse pila}	V _{G0}	V _{G1}	V _{G2}	V _{wind}	V _{Q,traff}	V _{rd}	V _{Δt}
[m]		[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.00	S1 (I)	-0.50							
1.00	S2	0.50	215.67	261.87	135.68	39.04	360.08	0	0
2.02	S3	1.52	190.21	237.37	127.22	33.75	360.08	0	0
2.40	S4	1.90	183.56	228.24	105.82	31.11	320.43	0	0
5.82	S5	5.32	123.69	146.07	53.54	15.38	248.46	0	0
8.86	S6	8.36	53.22	73.04	40.54	11.39	185.60	0	0
11.90	S7(Mezz)	11.40	0.00	0.00	0.00	0.00	141.41	0	0
14.94	S8	14.44	53.22	73.04	40.54	11.39	185.60	0	0
17.98	S9	17.48	123.69	146.07	53.54	15.38	248.46	0	0
21.40	S10	20.90	183.56	228.24	105.82	31.11	320.43	0	0
21.78	S11	21.28	190.21	237.37	127.22	33.75	360.08	0	0
22.80	S12	22.30	215.67	261.87	135.68	39.04	360.08	0	0
23.80	S13 (J)	23.30							
Coeff. SLU			1.35	1.35	1.5	0.9	1.35	1.2	0.9

Si ottengono i seguenti valori di taglio allo SLU

Verifica sezioni - Valori sollecitazioni allo SLU										
X _{test.trave}	Sez.	X _{asse pila}	V _{G0}	V _{G1}	V _{G2}	V _{wind}	V _{Q,traff}	V _{rd}	V _{Δt}	V _{Ed}
[m]		[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.00	S1 (I)	-0.50								
1.00	S2	0.50	291	354	204	35	486	0	0	1369
2.02	S3	1.52	257	320	191	30	486	0	0	1285
2.40	S4	1.90	248	308	159	28	433	0	0	1175
5.82	S5	5.32	167	197	80	14	335	0	0	794
8.86	S6	8.36	72	99	61	10	251	0	0	492
11.90	S7(Mezz)	11.40	0	0	0	0	191	0	0	191
14.94	S8	14.44	72	99	61	10	251	0	0	492
17.98	S9	17.48	167	197	80	14	335	0	0	794
21.40	S10	20.90	248	308	159	28	433	0	0	1175
21.78	S11	21.28	257	320	191	30	486	0	0	1285
22.80	S12	22.30	291	354	204	35	486	0	0	1369
23.80	S13 (J)	23.30								

La determinazione del taglio resistente avviene secondo le formulazioni per “elementi armati a taglio” adottando come valore del taglio resistente il minimo tra V_{rsd} e V_{rcd}
 La verifica è riportata di seguito in forma tabellare:

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	z [cm]	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	V _{Ed} [kN]	V _{Ed} /V _{Rd}
0.00	S1 (I)	-0.50						
1.00	S2	0.50	140	4847	3373	3373	1369	0.41
2.02	S3	1.52	140	5082	3373	3373	1285	0.38
2.40	S4	1.90	140	3169	3373	3169	1175	0.37
5.82	S5	5.32	140	2535	3373	2535	794	0.31
8.86	S6	8.36	140	2535	3373	2535	492	0.19
11.90	S7(Mezz)	11.40	140	2535	3373	2535	191	0.08
14.94	S8	14.44	140	2535	3373	2535	492	0.19
17.98	S9	17.48	140	2535	3373	2535	794	0.31
21.40	S10	20.90	140	3169	3373	3169	1175	0.37
21.78	S11	21.28	140	5082	3373	3373	1285	0.38
22.80	S12	22.30	140	4847	3373	3373	1369	0.41
23.80	S13 (J)	23.30						

Per tutte le sezioni risulta $V_{ed} < V_{rd} \rightarrow$ la verifica è soddisfatta.

Si riporta di seguito la verifica combinata per taglio e torsione. La verifica è svolta secondo le indicazioni delle NTC al §4.1.2.3.6

Verifica combinata taglio e torsione - Valori complessivi armature trasversali										
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	z [cm]	V _{Ed} [kN]	T _{Q,traf} [kNm]	T _{G2} [kNm]	T _{Ed} [kNm]	V _{Rcd} [kN]	T _{Rcd} [kNm]	K _{VT}
0.00	S1 (I)	-0.50	140.00	0.0		0.0	0.0	4345.9	4345.9	0.00
1.00	S2	0.50	140.00	1369.4	174.2	102.0	388.2	4847.4	4345.9	0.37
2.02	S3	1.52	140.00	1284.5	174.1	102.0	388.1	5081.7	4935.7	0.33
2.40	S4	1.90	140.00	1175.2	182.4	96.5	391.0	3168.9	2879.1	0.51
5.82	S5	5.32	140.00	793.8	194.4	54.1	343.5	2535.1	2303.3	0.46
8.86	S6	8.36	140.00	492.1	112.6	32.8	201.3	2535.1	2303.3	0.28
11.90	S7(Mezz)	11.40	140.00	190.9	93.9	0.0	126.8	2535.1	2303.3	0.13
14.94	S8	14.44	140.00	492.1	112.6	32.8	201.3	2535.1	2303.3	0.28
17.98	S9	17.48	140.00	793.8	194.4	54.1	343.5	2535.1	2303.3	0.46
21.40	S10	20.90	140.00	1175.2	182.4	96.5	391.0	3168.9	2879.1	0.51
21.78	S11	21.28	140.00	1284.5	174.1	102.0	388.1	5081.7	4935.7	0.33
22.80	S12	22.30	140.00	1369.4	174.2	102.0	388.2	4847.4	4345.9	0.37
23.80	S13 (J)	23.30	140.00	0.0		0.0	0.0	4345.9	4345.9	0.00
	K _{VT} =	verifica combinata a tagli e torsione								
	A _{sw,V} =	area complessiva minima armature per solo taglio								
	A _{sw,T} =	area complessiva minima armature trasversali per sola torsione								
	A _{sw,min} =	area complessiva minima armature trasversali per taglio e torsione								
	A _{sw,min} =	area complessiva minima armature longitudinali per torsione								

Per tutte le sezioni risulta K_{vt} (formula 4.1.40) $< 1 \rightarrow$ la verifica è soddisfatta.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B

14.4 VERIFICA SCORRIMENTO TRAVE SOLETTA

Si riportano di seguito la verifica delle tensioni tangenziali all'interfaccia trave-soletta.

La verifica è svolta sulla base dei seguenti parametri:

c =	0.35		parametro dipendente dalla scabrezza dell'interfaccia	
μ =	0.60		parametro dipendente dalla scabrezza dell'interfaccia	
f_{ctd} =	-1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione del cls della soletta	
f_{ywd} =	391.30	MPa	resistenza di calcolo delle armature a taglio	

Il calcolo della tensione tangenziale dovuta allo scorrimento è riportato di seguito in forma tabellare. Concorre alla determinazione del taglio di progetto il valore del taglio allo SLU decurtato del taglio dovuto al peso proprio della trave e dei getti in opera (getti su trave isolata)

Calcolo della tensione tangenziale dovuta allo scorrimento per taglio									
$x_{test.trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse.pila}$ [m]	V_{scorr} [kN]	A_{sol} [m ²]	$d_{Gsol,0}$ [m]	S_{sol} [m ³]	I_0 [m ⁴]	$2 \times b_{sol}$ [m]	τ_{VEd} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.00	0.716	0.527	0.3771	0.55574	0.90	0.00
1.00	S2	0.50	724.76	0.716	0.530	0.3797	0.56253	0.90	0.54
2.02	S3	1.52	707.31	0.716	0.544	0.3894	0.51888	0.90	0.59
2.40	S4	1.90	619.31	0.716	0.485	0.3473	0.45569	0.90	0.52
5.82	S5	5.32	429.57	0.716	0.487	0.3485	0.45752	0.90	0.36
8.86	S6	8.36	321.62	0.716	0.487	0.3485	0.45752	0.90	0.27
11.90	S7(Mezz)	11.40	190.90	0.716	0.487	0.3485	0.45752	0.90	0.16
14.94	S8	14.44	321.62	0.716	0.487	0.3485	0.45752	0.90	0.27
17.98	S9	17.48	429.57	0.716	0.487	0.3485	0.45752	0.90	0.36
21.40	S10	20.90	619.31	0.716	0.485	0.3473	0.45569	0.90	0.52
21.78	S11	21.28	707.31	0.716	0.544	0.3894	0.51888	0.90	0.59
22.80	S12	22.30	724.76	0.716	0.530	0.3797	0.56253	0.90	0.54
23.80	S13 (J)	23.30	0.00	0.716	0.530	0.3797	0.56253	0.90	0.00

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	M_{tors} [kNm]	Ω [m ²]	b_{sol} [m]	τ_{VEd} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50				
1.00	S2	0.50	388.21	1.40	0.450	0.31
2.02	S3	1.52	388.07	1.59	0.450	0.27
2.40	S4	1.90	390.96	1.59	0.450	0.27
5.82	S5	5.32	343.51	1.59	0.450	0.24
8.86	S6	8.36	201.25	1.59	0.450	0.14
11.90	S7 (Mezz)	11.40	126.81	1.59	0.450	0.09
14.94	S8	14.44	201.25	1.59	0.450	0.14
17.98	S9	17.48	343.51	1.59	0.450	0.24
21.40	S10	20.90	390.96	1.59	0.450	0.27
21.78	S11	21.28	388.07	1.59	0.450	0.27
22.80	S12	22.30	388.21	1.40	0.450	0.31
23.80	S13 (J)	23.30				

$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	b_{sol} [cm]	A_{sup} [cm ² /m]	bracci [-]	ϕ_1 [mm]	p_1 [cm]	A_{conn} [cm ² /m]	ρ [adim]	α [°]	sen α [adim]	cos α [adim]	σ_n [MPa]	τ_{Rd} [MPa]	τ_{Ed} [MPa]	τ_{Ed}/τ_{Rd} [adim]
0.00	S1 (I)	-0.50	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	90	1.00	0.00	0.0	2.11	0.00	0.00
1.00	S2	0.50	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	90	1.00	0.00	0.0	2.11	0.85	0.40
2.02	S3	1.52	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	90	1.00	0.00	0.0	2.11	0.86	0.41
2.40	S4	1.90	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	90	1.00	0.00	0.0	2.11	0.80	0.38
5.82	S5	5.32	45.00	4500	2	14	20	15.39	0.003421	90	1.00	0.00	0.0	1.31	0.60	0.46
8.86	S6	8.36	45.00	4500	2	14	20	15.39	0.003421	90	1.00	0.00	0.0	1.31	0.41	0.32
11.90	S7 (Mezz)	11.40	45.00	4500	2	14	20	15.39	0.003421	90	1.00	0.00	0.0	1.31	0.25	0.19
14.94	S8	14.44	45.00	4500	2	14	20	15.39	0.003421	90	1.00	0.00	0.0	1.31	0.41	0.32
17.98	S9	17.48	45.00	4500	2	14	20	15.39	0.003421	90	1.00	0.00	0.0	1.31	0.60	0.46
21.40	S10	20.90	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	90	1.00	0.00	0.0	2.11	0.80	0.38
21.78	S11	21.28	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	90	1.00	0.00	0.0	2.11	0.86	0.41
22.80	S12	22.30	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	91	1.00	-0.02	0.0	2.07	0.85	0.41
23.80	S13 (J)	23.30	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	92	1.00	-0.03	0.0	2.02	0.00	0.00
	b_{sol} =	Larghezza di contatto, per ciascuna anima														
	A_{sup} =	Area di contatto per metro di lunghezza, per ciascuna anima														
	A_{conn} =	Area dei connettori adottati, per metro di lunghezza														
	ρ =	rapporto $A_{\text{conn}}/A_{\text{sup}}$														
	α =	Angolo medio dei connettori rispetto la superficie di contatto														
	σ_n =	Tensione normale all'interfaccia														
	τ_{Rd} =	Tensione tangenziale ultima di contatto														

Per nessuna sezione la tensione tangenziale di contatto supera il valore limite. Verifica soddisfatta

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	88

14.5 VERIFICA TRAVE IN ESERCIZIO

Nelle tabelle seguenti sono riportate le tensioni finali nel calcestruzzo ai lembi superiore e inferiore della trave e al lembo superiore ed inferiore della soletta, nelle combinazioni di carico rara, frequente e quasi permanente.

I valori limite delle tensioni di cui al precedente §3.2 sono di seguito sintetizzati

$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck} =$	27	MPa	Tensione massima di compressione in esercizio per combinazioni RARE
$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck} =$	20,25	MPa	Tensione massima di compressione in esercizio per combinazioni QUASI PERMANENTI
$\sigma_t < 0.35 \times f_{ctk} =$	0.93	MPa	Tensione massima di trazione per combinazioni RARE (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A – par. 2.6.2.2.2)
$\sigma_t < 0.045 \times f_{ck} =$	2.025	MPa	Tensione principale di trazione nella fibra baricentrica per combinazioni RARE (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A – par. 2.6.2.2.2)

SLE - Verifica sezioni a momento positivo - Valori caratteristici di sollecitazione

X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	M _{G0} [kNm]	M _{G1} [kNm]	M _{G2} [kNm]	N _{p,fin} [kN]	M _{p,fin} [kNm]	N _{rd} [kN]	M _{rd} [kNm]	M _w [kNm]	M _{Δt} [kNm]	M _{Q,traff} [kNm]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	0.0	0.0
1.00	S2	0.50	97.6	116.7	56.7	4633.6	-1920.8	489.0	551.0	20.2	574.0	180.3
2.02	S3	1.52	283.0	338.4	190.8	4492.8	-1281.3	489.0	551.0	73.1	588.8	545.9
2.40	S4	1.90	347.5	415.5	227.6	5355.1	-1653.4	489.0	551.0	78.2	525.2	651.4
5.82	S5	5.32	813.7	972.9	495.5	5949.2	-1913.7	489.0	551.0	168.1	526.9	1492.8
8.86	S6	8.36	1056.3	1263.0	609.6	6014.0	-1934.5	489.0	551.0	205.9	526.9	1901.3
11.90	S7 (Mezz)	11.40	1137.2	1359.7	673.3	6036.9	-1941.9	489.0	551.0	223.9	526.9	2013.3
14.94	S8	14.44	1056.3	1263.0	609.6	6014.0	-1934.5	489.0	551.0	205.9	526.9	1901.3
17.98	S9	17.48	813.7	972.9	495.5	5949.2	-1913.7	489.0	551.0	168.1	526.9	1492.8
21.40	S10	20.90	347.5	415.5	227.6	5355.1	-1653.4	489.0	551.0	78.2	525.2	651.4
21.78	S11	21.28	283.0	338.4	190.8	4492.8	-1281.3	489.0	551.0	73.1	588.8	545.9
22.80	S12	22.30	97.6	116.7	56.7	4633.6	-1920.8	489.0	551.0	20.2	574.0	180.3
23.80	S13 (J)	23.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	0.0	0.0

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	89

14.5.1 Verifiche in combinazione rara

In combinazione rara si ottengono i seguenti valori di sollecitazione

Verifica sezioni a momento positivo - Valori di sollecitazione in combinazione rara												
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	M _{G0} [kNm]	M _{G1} [kNm]	M _{G2} [kNm]	N _{p,fin} [kN]	M _{p,fin} [kNm]	N _{rd} [kN]	M _{rd} [kNm]	M _w [kNm]	M _{Δt} [kNm]	M _{O,traff} [kNm]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	0.0	0.0
1.00	S2	0.50	97.6	116.7	56.7	4633.6	-1920.8	489.0	551.0	12.1	344.4	180.3
2.02	S3	1.52	283.0	338.4	190.8	4492.8	-1281.3	489.0	551.0	43.9	353.3	545.9
2.40	S4	1.90	347.5	415.5	227.6	5355.1	-1653.4	489.0	551.0	46.9	315.1	651.4
5.82	S5	5.32	813.7	972.9	495.5	5949.2	-1913.7	489.0	551.0	100.9	316.1	1492.8
8.86	S6	8.36	1056.3	1263.0	609.6	6014.0	-1934.5	489.0	551.0	123.5	316.1	1901.3
11.90	S7(Mezz)	11.40	1137.2	1359.7	673.3	6036.9	-1941.9	489.0	551.0	134.3	316.1	2013.3
14.94	S8	14.44	1056.3	1263.0	609.6	6014.0	-1934.5	489.0	551.0	123.5	316.1	1901.3
17.98	S9	17.48	813.7	972.9	495.5	5949.2	-1913.7	489.0	551.0	100.9	316.1	1492.8
21.40	S10	20.90	347.5	415.5	227.6	5355.1	-1653.4	489.0	551.0	46.9	315.1	651.4
21.78	S11	21.28	283.0	338.4	190.8	4492.8	-1281.3	489.0	551.0	43.9	353.3	545.9
22.80	S12	22.30	97.6	116.7	56.7	4633.6	-1920.8	489.0	551.0	12.1	344.4	180.3
23.80	S13 (J)	23.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	0.0	0.0

Verifica sezioni a momento positivo																
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	Tensioni prima e seconda fase				N ^{3f} _{rara} [kN]	M ^{3f} _{rara} [kNm]	Tensioni terza fase				Tensioni finali			
			σ _{ss,rara} [MPa]	σ _{si,rara} [MPa]	σ _{ts,rara} [MPa]	σ _{ti,rara} [MPa]			σ _{ss,rara} [MPa]	σ _{si,rara} [MPa]	σ _{ts,rara} [MPa]	σ _{ti,rara} [MPa]	σ _{ss,rara} [MPa]	σ _{si,rara} [MPa]	σ _{ts,rara} [MPa]	σ _{ti,rara} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.07	-0.02	0.03	-0.85	489.0	551.0	0.04	-0.18	0.63	-0.76	0.11	-0.20	0.66	-1.61
1.00	S2	0.50	0.16	0.01	-0.47	7.50	489.0	1087.8	0.62	0.17	1.01	-1.70	0.78	0.18	0.54	5.80
2.02	S3	1.52	0.29	0.05	2.20	6.33	489.0	1494.1	1.30	0.64	1.51	-2.52	1.59	0.68	3.71	3.81
2.40	S4	1.90	0.38	-0.01	3.54	10.90	489.0	1564.4	1.52	0.73	1.61	-3.20	1.91	0.72	5.15	7.70
5.82	S5	5.32	0.73	0.19	7.78	8.56	489.0	2460.8	2.63	1.39	2.32	-5.21	3.35	1.57	10.09	3.35
8.86	S6	8.36	0.86	0.28	10.17	6.56	489.0	2891.9	3.16	1.70	2.66	-6.19	4.02	1.98	12.83	0.36
11.90	S7(Mezz)	11.40	0.94	0.33	10.99	5.83	489.0	3014.7	3.31	1.79	2.75	-6.47	4.25	2.12	13.74	-0.64
14.94	S8	14.44	0.86	0.28	10.17	6.56	489.0	2891.9	3.16	1.70	2.66	-6.19	4.02	1.98	12.83	0.36
17.98	S9	17.48	0.73	0.19	7.78	8.56	489.0	2460.8	2.63	1.39	2.32	-5.21	3.35	1.57	10.09	3.35
21.40	S10	20.90	0.38	-0.01	3.54	10.90	489.0	1564.4	1.52	0.73	1.61	-3.20	1.91	0.72	5.15	7.70
21.78	S11	21.28	0.29	0.05	2.20	6.33	489.0	1494.1	1.30	0.64	1.51	-2.52	1.59	0.68	3.71	3.81
22.80	S12	22.30	0.16	0.01	-0.47	7.50	489.0	1087.8	0.62	0.17	1.01	-1.70	0.78	0.18	0.54	5.80
23.80	S13 (J)	23.30	0.06	-0.02	0.03	-0.84	489.0	551.0	0.04	-0.19	0.63	-0.75	0.10	-0.20	0.66	-1.59

Per tutte le sezioni le tensioni non eccedono i valori limite di compressione e trazione. Le verifiche sono soddisfatte.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	90

14.5.2 Verifiche in combinazione frequente

Si riportano di seguito i valori caratteristici, in combinazione e i risultati delle verifiche per la combinazione SLE frequente.

Verifica sezioni a momento positivo - Valori di sollecitazione in combinazione frequente												
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	M _{G0} [kNm]	M _{G1} [kNm]	M _{G2} [kNm]	N _{p,fin} [kN]	M _{p,fin} [kNm]	N _{rd} [kN]	M _{rd} [kNm]	M _w [kNm]	M _{Δt} [kNm]	M _{Q,traf} [kNm]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	0.0	0.0
1.00	S2	0.50	97.6	116.7	56.7	4633.6	-1920.8	489.0	551.0	0.0	287.0	113.2
2.02	S3	1.52	283.0	338.4	190.8	4492.8	-1281.3	489.0	551.0	0.0	294.4	340.1
2.40	S4	1.90	347.5	415.5	227.6	5355.1	-1653.4	489.0	551.0	0.0	262.6	408.1
5.82	S5	5.32	813.7	972.9	495.5	5949.2	-1913.7	489.0	551.0	0.0	263.4	928.2
8.86	S6	8.36	1056.3	1263.0	609.6	6014.0	-1934.5	489.0	551.0	0.0	263.4	1181.8
11.90	S7(Mezz)	11.40	1137.2	1359.7	673.3	6036.9	-1941.9	489.0	551.0	0.0	263.4	1246.4
14.94	S8	14.44	1056.3	1263.0	609.6	6014.0	-1934.5	489.0	551.0	0.0	263.4	1181.8
17.98	S9	17.48	813.7	972.9	495.5	5949.2	-1913.7	489.0	551.0	0.0	263.4	928.2
21.40	S10	20.90	347.5	415.5	227.6	5355.1	-1653.4	489.0	551.0	0.0	262.6	408.1
21.78	S11	21.28	283.0	338.4	190.8	4492.8	-1281.3	489.0	551.0	0.0	294.4	340.1
22.80	S12	22.30	97.6	116.7	56.7	4633.6	-1920.8	489.0	551.0	0.0	287.0	113.2
23.80	S13 (J)	23.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	0.0	0.0

Verifica sezioni a momento positivo																
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	Tensioni prima e seconda fase				N ^{3f} freq. [kN]	M ^{3f} freq. [kNm]	Tensioni terza fase				Tensioni finali			
			σ _{ss,freq.} [MPa]	σ _{si,freq.} [MPa]	σ _{ts,freq.} [MPa]	σ _{ti,freq.} [MPa]			σ _{ss,freq.} [MPa]	σ _{si,freq.} [MPa]	σ _{ts,freq.} [MPa]	σ _{ti,freq.} [MPa]	σ _{ss,freq.} [MPa]	σ _{si,freq.} [MPa]	σ _{ts,freq.} [MPa]	σ _{ti,freq.} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50														
1.00	S2	0.50	0.16	0.01	-0.47	7.50	489.0	951.2	0.47	0.08	0.91	-1.45	0.63	0.09	0.44	6.04
2.02	S3	1.52	0.29	0.05	2.20	6.33	489.0	1185.5	0.93	0.41	1.26	-1.94	1.22	0.45	3.46	4.39
2.40	S4	1.90	0.38	-0.01	3.54	10.90	489.0	1221.7	1.10	0.48	1.34	-2.42	1.48	0.47	4.88	8.48
5.82	S5	5.32	0.73	0.19	7.78	8.56	489.0	1742.6	1.74	0.86	1.75	-3.58	2.47	1.05	9.52	4.98
8.86	S6	8.36	0.86	0.28	10.17	6.56	489.0	1996.2	2.05	1.05	1.95	-4.16	2.92	1.33	12.12	2.40
11.90	S7(Mezz)	11.40	0.94	0.33	10.99	5.83	489.0	2060.8	2.13	1.09	2.00	-4.31	3.07	1.42	12.99	1.52
14.94	S8	14.44	0.86	0.28	10.17	6.56	489.0	1996.2	2.05	1.05	1.95	-4.16	2.92	1.33	12.12	2.40
17.98	S9	17.48	0.73	0.19	7.78	8.56	489.0	1742.6	1.74	0.86	1.75	-3.58	2.47	1.05	9.52	4.98
21.40	S10	20.90	0.38	-0.01	3.54	10.90	489.0	1221.7	1.10	0.48	1.34	-2.42	1.48	0.47	4.88	8.48
21.78	S11	21.28	0.29	0.05	2.20	6.33	489.0	1185.5	0.93	0.41	1.26	-1.94	1.22	0.45	3.46	4.39
22.80	S12	22.30	0.16	0.01	-0.47	7.50	489.0	951.2	0.47	0.08	0.91	-1.45	0.63	0.09	0.44	6.04
23.80	S13 (J)	23.30														

Per tutte le sezioni le tensioni non eccedono i valori limite. Le verifiche sono soddisfatte. Inoltre, essendo la tensione di trazione inferiore al limite indicato, non sono necessarie verifiche a fessurazione.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	91

14.5.3 Verifiche in combinazione quasi permanente

Si riportano di seguito i valori caratteristici, in combinazione e i risultati delle verifiche per la combinazione SLE quasi permanente.

Verifica sezioni a momento positivo - Valori di sollecitazione in combinazione quasi permanente												
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	M _{G0} [kNm]	M _{G1} [kNm]	M _{G2} [kNm]	N _{p,fin} [kN]	M _{p,fin} [kNm]	N _{rd} [kN]	M _{rd} [kNm]	M _w [kNm]	M _{Δt} [kNm]	M _{Q,traf} [kNm]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	0.0	0.0
1.00	S2	0.50	97.6	116.7	56.7	4633.6	-1920.8	489.0	551.0	0.0	287.0	0.0
2.02	S3	1.52	283.0	338.4	190.8	4492.8	-1281.3	489.0	551.0	0.0	294.4	0.0
2.40	S4	1.90	347.5	415.5	227.6	5355.1	-1653.4	489.0	551.0	0.0	262.6	0.0
5.82	S5	5.32	813.7	972.9	495.5	5949.2	-1913.7	489.0	551.0	0.0	263.4	0.0
8.86	S6	8.36	1056.3	1263.0	609.6	6014.0	-1934.5	489.0	551.0	0.0	263.4	0.0
11.90	S7(Mezz)	11.40	1137.2	1359.7	673.3	6036.9	-1941.9	489.0	551.0	0.0	263.4	0.0
14.94	S8	14.44	1056.3	1263.0	609.6	6014.0	-1934.5	489.0	551.0	0.0	263.4	0.0
17.98	S9	17.48	813.7	972.9	495.5	5949.2	-1913.7	489.0	551.0	0.0	263.4	0.0
21.40	S10	20.90	347.5	415.5	227.6	5355.1	-1653.4	489.0	551.0	0.0	262.6	0.0
21.78	S11	21.28	283.0	338.4	190.8	4492.8	-1281.3	489.0	551.0	0.0	294.4	0.0
22.80	S12	22.30	97.6	116.7	56.7	4633.6	-1920.8	489.0	551.0	0.0	287.0	0.0
23.80	S13 (J)	23.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	0.0	0.0

Verifica sezioni a momento positivo																
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	Tensioni prima e seconda fase				N ^{3f} _{q.p.} [kN]	M ^{3f} _{q.p.} [kNm]	Tensioni terza fase				Tensioni finali			
			σ _{ss,q.p.} [MPa]	σ _{si,q.p.} [MPa]	σ _{ts,q.p.} [MPa]	σ _{ti,q.p.} [MPa]			σ _{ss,q.p.} [MPa]	σ _{si,q.p.} [MPa]	σ _{ts,q.p.} [MPa]	σ _{ti,q.p.} [MPa]	σ _{ss,q.p.} [MPa]	σ _{si,q.p.} [MPa]	σ _{ts,q.p.} [MPa]	σ _{ti,q.p.} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50														
1.00	S2	0.50	0.16	0.01	-0.47	7.50	489.0	838.0	0.35	0.00	0.83	-1.25	0.51	0.02	0.36	6.24
2.02	S3	1.52	0.29	0.05	2.20	6.33	489.0	845.4	0.53	0.15	0.99	-1.30	0.82	0.20	3.19	5.04
2.40	S4	1.90	0.38	-0.01	3.54	10.90	489.0	813.6	0.59	0.18	1.01	-1.49	0.98	0.17	4.56	9.41
5.82	S5	5.32	0.73	0.19	7.78	8.56	489.0	814.4	0.59	0.18	1.01	-1.48	1.32	0.37	8.79	7.09
8.86	S6	8.36	0.86	0.28	10.17	6.56	489.0	814.4	0.59	0.18	1.01	-1.48	1.46	0.46	11.18	5.08
11.90	S7(Mezz)	11.40	0.94	0.33	10.99	5.83	489.0	814.4	0.59	0.18	1.01	-1.48	1.53	0.51	12.00	4.35
14.94	S8	14.44	0.86	0.28	10.17	6.56	489.0	814.4	0.59	0.18	1.01	-1.48	1.46	0.46	11.18	5.08
17.98	S9	17.48	0.73	0.19	7.78	8.56	489.0	814.4	0.59	0.18	1.01	-1.48	1.32	0.37	8.79	7.09
21.40	S10	20.90	0.38	-0.01	3.54	10.90	489.0	813.6	0.59	0.18	1.01	-1.49	0.98	0.17	4.56	9.41
21.78	S11	21.28	0.29	0.05	2.20	6.33	489.0	845.4	0.53	0.15	0.99	-1.30	0.82	0.20	3.19	5.04
22.80	S12	22.30	0.16	0.01	-0.47	7.50	489.0	838.0	0.35	0.00	0.83	-1.25	0.51	0.02	0.36	6.24
23.80	S13 (J)	23.30														

Per tutte le sezioni le tensioni non eccedono i valori limite. Le verifiche sono soddisfatte. Inoltre, essendo la tensione di trazione inferiore al limite indicato, non sono necessarie verifiche a fessurazione.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	92

15. VERIFICA TRAVI CENTRALI

Si riportano di seguito, per le sezioni maggiormente significative per il dimensionamento delle travi di impalcato, le verifiche di resistenza e di durabilità, ovvero le verifiche dello stato tensionale ed a fessurazione.

15.1 PRECOMPRESSIONE E CADUTE DI TENSIONE

Nei paragrafi che seguono sono calcolate le precompressioni iniziali e valutate le cadute di tensione nelle diverse fasi di calcolo considerate

15.1.1 Precompressione iniziale e peso trave – verifica all'atto del rilascio

Per le verifiche all'atto del rilascio si considerano i valori di sforzo normale e momento flettente dovuti alla precompressione determinati con una lunghezza di trasmissione della precompressione pari al valore inferiore di l_{pt} ed assumendo che all'estremità delle guaine i corrispondenti cavi siano attivi (condizioni che massimizzano i valori delle tensioni di trazione al lembo teso e compressione al lembo compresso).

Si considerano i soli effetti di precompressione e peso proprio. Sezione resistente trave isolata.

Verifica delle condizioni iniziali														
$x_{test, trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse, pila}$ [m]	P_0 [kN]	M_{p0} [kNm]	σ_{p0ts} [MPa]	σ_{p0ti} [MPa]	σ_{p0pi} [MPa]	M_{g0} [kNm]	$\Delta\sigma_{g0ts}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g0ti}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g0pi}$ [MPa]	$\sigma_{ts, li}$ [MPa]	$\sigma_{ti, li}$ [MPa]	$\sigma_{i, pi}$ [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	S2	0.50	5629.5	-1605.5	0.00	10.31	7.59	97.6	0.33	-0.29	-0.13	0.33	10.02	7.46
2.02	S3	1.52	7130.7	-2201.6	0.24	17.53	13.56	283.0	1.22	-1.00	-0.49	1.46	16.53	13.07
2.40	S4	1.90	7881.3	-2535.2	-0.20	19.65	15.30	347.5	1.50	-1.22	-0.63	1.30	18.43	14.67
5.82	S5	5.32	7881.3	-2535.2	-0.20	19.65	15.30	813.7	3.51	-2.86	-1.46	3.31	16.79	13.83
8.86	S6	8.36	7881.3	-2535.2	-0.20	19.65	15.30	1056.3	4.56	-3.72	-1.90	4.35	15.94	13.40
11.90	S7 (Mezz)	11.40	7881.3	-2535.2	-0.20	19.65	15.30	1137.2	4.91	-4.00	-2.05	4.70	15.65	13.25
14.94	S8	14.44	7881.3	-2535.2	-0.20	19.65	15.30	1056.3	4.56	-3.72	-1.90	4.35	15.94	13.40
17.98	S9	17.48	7881.3	-2535.2	-0.20	19.65	15.30	813.7	3.51	-2.86	-1.46	3.31	16.79	13.83
21.40	S10	20.90	7881.3	-2535.2	-0.20	19.65	15.30	347.5	1.50	-1.22	-0.63	1.30	18.43	14.67
21.78	S11	21.28	7130.7	-2201.6	0.24	17.53	13.56	283.0	1.22	-1.00	-0.49	1.46	16.53	13.07
22.80	S12	22.30	5629.5	-1605.5	0.00	10.31	7.59	97.6	0.33	-0.29	-0.13	0.33	10.02	7.46
23.80	S13 (J)	23.30	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Per tutte le sezioni risulta $\sigma_t < f_{ctm}/1.2$. La verifica è soddisfatta

15.1.2 Tensioni al termine della prima fase (45gg)

Si riporta la determinazione della prima fase di cadute di tensione al 45° giorno dalla messa in tiro che potrebbe coincidere con il varo delle travi.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	93

Cadute di tensione al giorno						45					
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	ϵ_{cs} ‰	$\Delta\sigma_{cs}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{pr}$ [MPa]	ϕ	$\Delta\sigma_{creep}$ [MPa]	$\Sigma\Delta\sigma$ [MPa]	Denom	$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$ [MPa]	
0.00	S1 (I)	-0.50	0.157	30.62	16.72	1.060	0.00	47.34	1.05	45.11	
1.00	S2	0.50	0.157	30.62	16.72	1.060	37.51	84.84	1.05	80.85	
2.02	S3	1.52	0.157	30.62	16.72	1.060	40.97	88.31	1.06	83.66	
2.40	S4	1.90	0.157	30.62	16.72	1.060	73.54	120.87	1.10	109.95	
5.82	S5	5.32	0.157	30.62	16.72	1.060	78.51	125.85	1.11	113.16	
8.86	S6	8.36	0.157	30.62	16.72	1.060	76.03	123.37	1.11	110.93	
11.90	S7(Mezz)	11.40	0.157	30.62	16.72	1.060	75.21	122.54	1.11	110.19	
14.94	S8	14.44	0.157	30.62	16.72	1.060	76.03	123.37	1.11	110.93	
17.98	S9	17.48	0.157	30.62	16.72	1.060	78.51	125.85	1.11	113.16	
21.40	S10	20.90	0.157	30.62	16.72	1.060	73.54	120.87	1.10	109.95	
21.78	S11	21.28	0.157	30.62	16.72	1.060	40.97	88.31	1.06	83.66	
22.80	S12	22.30	0.157	30.62	16.72	1.060	37.51	84.84	1.05	80.85	
23.80	S13 (J)	23.30	0.157	30.62	16.72	1.060	0.00	47.34	1.05	45.11	

Al termine del 45° si ottengono le seguenti tensioni risultanti:

Tensioni risultanti al giorno :						45					
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	$\Delta_1 P$ [kN]	$\Delta_1 M_p$ [kNm]	$\Delta_1 \sigma_{ts,p}$ [MPa]	$\Delta_1 \sigma_{ti,p}$ [MPa]	$\Delta_1 \sigma_{pi,p}$ [MPa]	$\sigma_{ts,1f}$ [MPa]	$\sigma_{ti,1f}$ [MPa]	$\sigma_{pi,1f}$ [MPa]	
0.00	S1 (I)	-0.50									
1.00	S2	0.50	-337.14	139.75	0.06	-0.57	-0.40	-0.74	8.70	6.20	
2.02	S3	1.52	-348.84	99.49	0.00	-0.64	-0.47	0.97	8.82	6.75	
2.40	S4	1.90	-580.74	179.31	-0.02	-1.43	-1.10	1.72	14.87	11.85	
5.82	S5	5.32	-660.63	212.51	0.02	-1.65	-1.28	3.32	15.14	12.55	
8.86	S6	8.36	-647.62	208.32	0.02	-1.61	-1.26	4.37	14.32	12.14	
11.90	S7(Mezz)	11.40	-643.28	206.93	0.02	-1.60	-1.25	4.72	14.05	12.00	
14.94	S8	14.44	-647.62	208.32	0.02	-1.61	-1.26	4.37	14.32	12.14	
17.98	S9	17.48	-660.63	212.51	0.02	-1.65	-1.28	3.32	15.14	12.55	
21.40	S10	20.90	-580.74	179.31	-0.02	-1.43	-1.10	1.72	14.87	11.85	
21.78	S11	21.28	-348.84	99.49	0.00	-0.64	-0.47	0.97	8.82	6.75	
22.80	S12	22.30	-337.14	139.75	0.06	-0.57	-0.40	-0.74	8.70	6.20	
23.80	S13 (J)	23.30									

15.1.3 Fase 2: Precompressione trasversi e getti in opera

Si determinano nel seguito le tensioni dovute al getto in opera della soletta e si valuta l'aliquota di cadute di tensione tra 45 e 60 gg. Sezione resistente trave isolata.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato			COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
			LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	94

Tensioni dovute al getto soletta sulla trave di bordo									
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	M _{g1} [kNm]	Δσ _{g1ts} [MPa]	Δσ _{g1ti} [MPa]	Δσ _{g1pi} [MPa]	σ _{s,2ts} [MPa]	σ _{i,2ti} [MPa]	σ _{i,2pi} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50	0	0.00	0.00	0.00	0.03	-0.32	-0.23
1.00	S2	0.50	81	0.16	-0.20	-0.11	-0.58	8.49	6.10
2.02	S3	1.52	235	0.80	-0.70	-0.31	1.77	8.12	6.44
2.40	S4	1.90	288	1.24	-1.02	-0.50	2.96	13.86	11.35
5.82	S5	5.32	674	2.91	-2.37	-1.21	6.23	12.77	11.34
8.86	S6	8.36	875	3.78	-3.08	-1.58	8.15	11.24	10.56
11.90	S7(Mezz)	11.40	942	4.07	-3.31	-1.70	8.78	10.73	10.31
14.94	S8	14.44	875	3.78	-3.08	-1.58	8.15	11.24	10.56
17.98	S9	17.48	674	2.91	-2.37	-1.21	6.23	12.77	11.34
21.40	S10	20.90	288	1.24	-1.02	-0.50	2.96	13.86	11.35
21.78	S11	21.28	235	0.80	-0.70	-0.31	1.77	8.12	6.44
22.80	S12	22.30	81	0.16	-0.20	-0.11	-0.58	8.49	6.10
23.80	S13 (J)	23.30	0	0.00	0.00	0.00	0.03	-0.32	-0.23

Parziale cadute di tensione tra il 45° e il 60° giorno:

X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	Cadute di tensione dal giorno 45		al giorno 60		(seconda quota delle cadute di tensione)			
			Δε _{cs} ‰	Δσ _{cs} [MPa]	Δσ _{pr} [MPa]	Δφ	Δσ _{creep} [MPa]	ΣΔσ [MPa]	Denom	Δσ _{p,c+s+r} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.022	4.29	1.01	0.080	0.00	5.30	1.03	5.15
1.00	S2	0.50	0.022	4.29	1.01	0.080	2.78	8.08	1.03	7.86
2.02	S3	1.52	0.022	4.29	1.01	0.080	2.96	8.26	1.03	8.00
2.40	S4	1.90	0.022	4.29	1.01	0.080	5.34	10.64	1.06	10.06
5.82	S5	5.32	0.022	4.29	1.01	0.080	5.41	10.71	1.06	10.06
8.86	S6	8.36	0.022	4.29	1.01	0.080	5.06	10.36	1.06	9.74
11.90	S7(Mezz)	11.40	0.022	4.29	1.01	0.080	4.95	10.25	1.06	9.63
14.94	S8	14.44	0.022	4.29	1.01	0.080	5.06	10.36	1.06	9.74
17.98	S9	17.48	0.022	4.29	1.01	0.080	5.41	10.71	1.06	10.06
21.40	S10	20.90	0.022	4.29	1.01	0.080	5.34	10.64	1.06	10.06
21.78	S11	21.28	0.022	4.29	1.01	0.080	2.96	8.26	1.03	8.00
22.80	S12	22.30	0.022	4.29	1.01	0.080	2.78	8.08	1.03	7.86
23.80	S13 (J)	23.30	0.022	4.29	1.01	0.080	0.00	5.30	1.03	5.15

Al 60° giorno si hanno le seguenti tensioni risultanti.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

Tensioni risultanti al giorno : 60										
$x_{\text{test, trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	$\Delta_2 P$ [kN]	$\Delta_2 M_p$ [kNm]	$\Delta_2 \sigma_{ts,p}$ [MPa]	$\Delta_2 \sigma_{ti,p}$ [MPa]	$\Delta_2 \sigma_{pi,p}$ [MPa]	$\sigma_{ts,2f}$ [MPa]	$\sigma_{ti,2f}$ [MPa]	$\sigma_{pi,2f}$ [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50								
1.00	S2	0.50	-28.45	13.72	0.01	-0.05	-0.04	-1.07	8.05	6.08
2.02	S3	1.52	-28.86	9.66	0.01	-0.06	-0.05	0.09	8.08	6.35
2.40	S4	1.90	-51.54	19.07	0.01	-0.14	-0.11	1.29	14.21	11.82
5.82	S5	5.32	-47.91	17.73	0.01	-0.13	-0.10	5.02	11.24	10.09
8.86	S6	8.36	-45.99	17.02	0.01	-0.12	-0.10	7.00	9.67	9.18
11.90	S7(Mezz)	11.40	-45.41	16.80	0.01	-0.12	-0.10	7.60	9.19	8.90
14.94	S8	14.44	-45.99	17.02	0.01	-0.12	-0.10	7.00	9.67	9.18
17.98	S9	17.48	-47.91	17.73	0.01	-0.13	-0.10	5.02	11.24	10.09
21.40	S10	20.90	-51.54	19.07	0.01	-0.14	-0.11	1.29	14.21	11.82
21.78	S11	21.28	-28.86	9.66	0.01	-0.06	-0.05	0.09	8.08	6.35
22.80	S12	22.30	-28.45	13.72	0.01	-0.05	-0.04	-1.07	8.05	6.08
23.80	S13 (J)	23.30								

15.1.4 Carichi permanenti portati

Nella terza fase si considerano le cadute che si sviluppano dall'applicazione dei carichi permanenti portati fino a tempo infinito. Le cadute della terza fase sono scontate sulla sezione mista trave – soletta.

Tensioni dovute ai carichi permanenti portati sulla trave di bordo													
$x_{\text{test, trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	M_{g2} [kNm]	$\Delta \sigma_{g2ss}$ [MPa]	$\Delta \sigma_{g2si}$ [MPa]	$\Delta \sigma_{g2ts}$ [MPa]	$\Delta \sigma_{g2ti}$ [MPa]	$\Delta \sigma_{g2pi}$ [MPa]	$\sigma_{ss,3i}$ [MPa]	$\sigma_{si,3i}$ [MPa]	$\sigma_{ts,3i}$ [MPa]	$\sigma_{ti,3i}$ [MPa]	$\sigma_{pi,3i}$ [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50											
1.00	S2	0.50	47.01	0.06	0.04	0.04	-0.09	-0.05	0.06	0.04	-0.53	8.35	6.00
2.02	S3	1.52	130.95	0.21	0.14	0.15	-0.27	-0.16	0.21	0.14	1.92	7.79	6.24
2.40	S4	1.90	165.25	0.28	0.18	0.19	-0.40	-0.26	0.28	0.18	3.15	13.33	10.99
5.82	S5	5.32	419.99	0.70	0.45	0.49	-1.01	-0.68	0.70	0.45	6.72	11.62	10.54
8.86	S6	8.36	569.56	0.95	0.61	0.66	-1.37	-0.92	0.95	0.61	8.81	9.73	9.53
11.90	S7(Mezz)	11.40	600.89	1.00	0.65	0.70	-1.44	-0.97	1.00	0.65	9.49	9.15	9.22
14.94	S8	14.44	569.56	0.95	0.61	0.66	-1.37	-0.92	0.95	0.61	8.81	9.73	9.53
17.98	S9	17.48	419.99	0.70	0.45	0.49	-1.01	-0.68	0.70	0.45	6.72	11.62	10.54
21.40	S10	20.90	165.25	0.28	0.18	0.19	-0.40	-0.26	0.28	0.18	3.15	13.33	10.99
21.78	S11	21.28	130.95	0.21	0.14	0.15	-0.27	-0.16	0.21	0.14	1.92	7.79	6.24
22.80	S12	22.30	47.01	0.06	0.04	0.04	-0.09	-0.05	0.06	0.04	-0.53	8.35	6.00
23.80	S13 (J)	23.30											

Segue la terza aliquota di cadute di tensione:

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	96

Cadute di tensione dal giorno			60	a tempo infinito			(terza quota delle cadute di tensione)			
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse.pila} [m]	$\Delta\varepsilon_{cs}$ ‰	$\Delta\sigma_{cs}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{pr}$ [MPa]	$\Delta\phi$	$\Delta\sigma_{creep}$ [MPa]	$\Sigma\Delta\sigma$ [MPa]	Denom	$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$ [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.179	34.91	41.33	1.050	0.00	76.24	1.02	74.64
1.00	S2	0.50	0.179	34.91	41.33	1.050	41.04	117.28	1.02	114.83
2.02	S3	1.52	0.179	34.91	41.33	1.050	70.87	147.10	1.03	142.93
2.40	S4	1.90	0.179	34.91	41.33	1.050	78.20	154.44	1.05	147.53
5.82	S5	5.32	0.179	34.91	41.33	1.050	67.12	143.36	1.05	136.32
8.86	S6	8.36	0.179	34.91	41.33	1.050	61.27	137.51	1.05	130.76
11.90	S7(Mezz)	11.40	0.179	34.91	41.33	1.050	59.49	135.73	1.05	129.06
14.94	S8	14.44	0.179	34.91	41.33	1.050	61.27	137.51	1.05	130.76
17.98	S9	17.48	0.179	34.91	41.33	1.050	67.12	143.36	1.05	136.32
21.40	S10	20.90	0.179	34.91	41.33	1.050	78.20	154.44	1.05	147.53
21.78	S11	21.28	0.179	34.91	41.33	1.050	70.87	147.10	1.03	142.93
22.80	S12	22.30	0.179	34.91	41.33	1.050	41.04	117.28	1.02	114.83
23.80	S13 (J)	23.30	0.179	34.91	41.33	1.050	0.00	76.24	1.02	74.65

Risultano le seguenti tensioni dovute ai permanenti a tempo infinito

Tensioni dovute ai permanenti a tempo infinito															
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse.pila} [m]	Δ_3P [kN]	Δ_3M_p [kNm]	$\Delta_3\sigma_{ss,p}$ [MPa]	$\Delta_3\sigma_{si,p}$ [MPa]	$\Delta_3\sigma_{ts,p}$ [MPa]	$\Delta_3\sigma_{ti,p}$ [MPa]	$\Delta_3\sigma_{pi,p}$ [MPa]	$\sigma_{ss,3f}$ [MPa]	$\sigma_{si,3f}$ [MPa]	$\sigma_{ts,3f}$ [MPa]	$\sigma_{ti,3f}$ [MPa]	$\sigma_{pi,3f}$ [MPa]	σ_{3Gf} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50													
1.00	S2	0.50	-478.86	270.54	0.12	-0.01	0.01	-0.76	-0.56	0.18	0.03	-0.52	7.59	5.44	2.17
2.02	S3	1.52	-596.00	314.04	0.07	-0.09	-0.07	-1.06	-0.80	0.28	0.05	1.85	6.73	5.44	3.61
2.40	S4	1.90	-779.27	485.38	0.11	-0.18	-0.14	-1.87	-1.47	0.38	0.00	3.02	11.45	9.51	5.76
5.82	S5	5.32	-795.84	505.85	0.13	-0.17	-0.12	-1.93	-1.53	0.83	0.28	6.60	9.69	9.01	7.61
8.86	S6	8.36	-763.35	485.21	0.12	-0.16	-0.12	-1.85	-1.47	1.07	0.45	8.69	7.88	8.06	8.43
11.90	S7(Mezz)	11.40	-753.46	478.92	0.12	-0.16	-0.12	-1.83	-1.45	1.12	0.49	9.37	7.32	7.77	8.70
14.94	S8	14.44	-763.35	485.21	0.12	-0.16	-0.12	-1.85	-1.47	1.07	0.45	8.69	7.88	8.06	8.43
17.98	S9	17.48	-795.84	505.85	0.13	-0.17	-0.12	-1.93	-1.53	0.83	0.28	6.60	9.69	9.01	7.61
21.40	S10	20.90	-779.27	485.38	0.11	-0.18	-0.14	-1.87	-1.47	0.38	0.00	3.02	11.45	9.51	5.76
21.78	S11	21.28	-596.00	314.04	0.07	-0.09	-0.07	-1.06	-0.80	0.28	0.05	1.85	6.73	5.44	3.61
22.80	S12	22.30	-478.86	270.54	0.12	-0.01	0.01	-0.76	-0.56	0.18	0.03	-0.52	7.59	5.44	2.17
23.80	S13 (J)	23.30													

15.1.5 Fase 3: Tensioni dovute ai carichi di terza fase

Si riportano di seguito i valori delle tensioni dovute a carichi e sovraccarichi di terza fase su sezione mista trave + soletta

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	97

Tensioni dovute alle variazioni positive di temperatura sull'impalcato								
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	M _{ΔT} [kNm]	Δσ _{ΔTss} [MPa]	Δσ _{ΔTsi} [MPa]	Δσ _{ΔTts} [MPa]	Δσ _{ΔTti} [MPa]	Δσ _{ΔTpi} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50						
1.00	S2	0.50	412.62	0.56	0.36	0.39	-0.79	-0.47
2.02	S3	1.52	439.23	0.69	0.46	0.50	-0.89	-0.52
2.40	S4	1.90	405.98	0.68	0.44	0.47	-0.98	-0.65
5.82	S5	5.32	407.15	0.68	0.44	0.47	-0.98	-0.66
8.86	S6	8.36	407.15	0.68	0.44	0.47	-0.98	-0.66
11.90	S7(Mezz)	11.40	407.15	0.68	0.44	0.47	-0.98	-0.66
14.94	S8	14.44	407.15	0.68	0.44	0.47	-0.98	-0.66
17.98	S9	17.48	407.15	0.68	0.44	0.47	-0.98	-0.66
21.40	S10	20.90	405.98	0.68	0.44	0.47	-0.98	-0.65
21.78	S11	21.28	439.23	0.69	0.46	0.50	-0.89	-0.52
22.80	S12	22.30	412.62	0.56	0.36	0.39	-0.79	-0.47
23.80	S13 (I)	23.30						

Tensioni dovute alle variazioni negative di temperatura sull'impalcato								
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	M _{ΔT} [kNm]	Δσ _{ΔTss} [MPa]	Δσ _{ΔTsi} [MPa]	Δσ _{ΔTts} [MPa]	Δσ _{ΔTti} [MPa]	Δσ _{ΔTpi} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50						
1.00	S2	0.50	-412.62	-0.56	-0.36	-0.39	0.79	0.47
2.02	S3	1.52	-439.23	-0.69	-0.46	-0.50	0.89	0.52
2.40	S4	1.90	-405.98	-0.68	-0.44	-0.47	0.98	0.65
5.82	S5	5.32	-407.15	-0.68	-0.44	-0.47	0.98	0.66
8.86	S6	8.36	-407.15	-0.68	-0.44	-0.47	0.98	0.66
11.90	S7(Mezz)	11.40	-407.15	-0.68	-0.44	-0.47	0.98	0.66
14.94	S8	14.44	-407.15	-0.68	-0.44	-0.47	0.98	0.66
17.98	S9	17.48	-407.15	-0.68	-0.44	-0.47	0.98	0.66
21.40	S10	20.90	-405.98	-0.68	-0.44	-0.47	0.98	0.65
21.78	S11	21.28	-439.23	-0.69	-0.46	-0.50	0.89	0.52
22.80	S12	22.30	-412.62	-0.56	-0.36	-0.39	0.79	0.47
23.80	S13 (I)	23.30						

Tensioni dovute al ritiro differenziale trave soletta									
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	N _{rd} [kN]	M _{rd} [kNm]	Δσ _{rd,ss} [MPa]	Δσ _{rd,si} [MPa]	Δσ _{rd,ts} [MPa]	Δσ _{rd,ti} [MPa]	Δσ _{rd,pi} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50							
1.00	S2	0.50	489	551.00	0.99	0.74	0.78	-0.80	-0.38
2.02	S3	1.52	489	551.00	1.22	0.93	0.98	-0.77	-0.31
2.40	S4	1.90	489	551.00	1.36	1.03	1.08	-0.89	-0.44
5.82	S5	5.32	489	551.00	1.36	1.03	1.08	-0.89	-0.45
8.86	S6	8.36	489	551.00	1.36	1.03	1.08	-0.89	-0.45
11.90	S7(Mezz)	11.40	489	551.00	1.36	1.03	1.08	-0.89	-0.45
14.94	S8	14.44	489	551.00	1.36	1.03	1.08	-0.89	-0.45
17.98	S9	17.48	489	551.00	1.36	1.03	1.08	-0.89	-0.45
21.40	S10	20.90	489	551.00	1.36	1.03	1.08	-0.89	-0.44
21.78	S11	21.28	489	551.00	1.22	0.93	0.98	-0.77	-0.31
22.80	S12	22.30	489	551.00	0.99	0.74	0.78	-0.80	-0.38
23.80	S13 (I)	23.30							

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	98

15.1.6 Riassunto cadute di tensioni acciaio da precompressione

Si riportano di seguito i valori di sforzo normale e momento flettente di precompressione a tempo infinito, somma delle cadute parziali delle tre fasi che saranno poi impiegate per le verifiche allo SLE.

$x_{test, trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse\ pila}$ [m]	σ_{pi0} [MPa]	$\Delta\sigma_{pl}$ [MPa]	σ_{pl} [MPa]	$\Delta\sigma_{pII}$ [MPa]	σ_{pII} [MPa]	$\Delta\sigma_{pIII}$ [MPa]	σ_{pIII} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50							
1.00	S2	0.50	1350.00	-80.85	1269.15	-7.86	1261.29	-114.83	1146.46
2.02	S3	1.52	1350.00	-83.66	1266.34	-8.00	1258.34	-142.93	1115.42
2.40	S4	1.90	1350.00	-109.95	1240.05	-10.06	1229.99	-147.53	1082.46
5.82	S5	5.32	1350.00	-113.16	1236.84	-10.06	1226.78	-136.32	1090.46
8.86	S6	8.36	1350.00	-110.93	1239.07	-9.74	1229.33	-130.76	1098.58
11.90	S7(Mezz)	11.40	1350.00	-110.19	1239.81	-9.63	1230.18	-129.06	1101.12
14.94	S8	14.44	1350.00	-110.93	1239.07	-9.74	1229.33	-130.76	1098.58
17.98	S9	17.48	1350.00	-113.16	1236.84	-10.06	1226.78	-136.32	1090.46
21.40	S10	20.90	1350.00	-109.95	1240.05	-10.06	1229.99	-147.53	1082.46
21.78	S11	21.28	1350.00	-83.66	1266.34	-8.00	1258.34	-142.93	1115.42
22.80	S12	22.30	1350.00	-80.85	1269.15	-7.86	1261.29	-114.83	1146.46
23.80	S13 (J)	23.30							

$x_{test, trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse\ pila}$ [m]	$\Delta\sigma_{p, lente}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{p, ist.}$ [MPa]	$\Sigma\Delta\sigma_p$ [MPa]	$\sigma_{p, fin}$ [MPa]	Δ_{res} %
0.00	S1 (I)	-0.50					
1.00	S2	0.50	-203.54	-35.38	-238.93	1111.07	83%
2.02	S3	1.52	-234.58	-38.65	-273.24	1076.76	81%
2.40	S4	1.90	-267.54	-69.38	-336.92	1013.08	76%
5.82	S5	5.32	-259.54	-74.07	-333.60	1016.40	76%
8.86	S6	8.36	-251.42	-71.73	-323.15	1026.85	77%
11.90	S7(Mezz)	11.40	-248.88	-70.95	-319.83	1030.17	77%
14.94	S8	14.44	-251.42	-71.73	-323.15	1026.85	77%
17.98	S9	17.48	-259.54	-74.07	-333.60	1016.40	76%
21.40	S10	20.90	-267.54	-69.38	-336.92	1013.08	76%
21.78	S11	21.28	-234.58	-38.65	-273.24	1076.76	81%
22.80	S12	22.30	-203.54	-35.38	-238.93	1111.07	83%
23.80	S13 (J)	23.30					

Precompressione a tempo infinito				
$x_{test, trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse\ pila}$ [m]	$N_{p, fin}$ [kN]	$M_{p, fin}$ [kNm]
0.00	S1 (I)	-0.50		
1.00	S2	0.50	4633.18	-1920.58
2.02	S3	1.52	4490.09	-1280.56
2.40	S4	1.90	5351.10	-1652.18
5.82	S5	5.32	5933.72	-1908.72
8.86	S6	8.36	5994.73	-1928.35
11.90	S7(Mezz)	11.40	6014.13	-1934.59
14.94	S8	14.44	5994.73	-1928.35
17.98	S9	17.48	5933.72	-1908.72
21.40	S10	20.90	5351.10	-1652.18
21.78	S11	21.28	4490.09	-1280.56
22.80	S12	22.30	4633.18	-1920.58
23.80	S13 (J)	23.30		

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	99

15.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER SFORZO NORMALE E FLESSIONE

Si riportano i valori caratteristici delle sollecitazioni di verifica e di seguito i loro valori combinati allo SLU. I valori delle sollecitazioni per i carichi da traffico sono racchiusi in un'unica colonna. L'ultima colonna riporta le sollecitazioni caratteristiche per effetto dell'azione del vento.

Verifica sezioni a momento positivo - Valori caratteristici di sollecitazione										
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	M _{G0} [kNm]	M _{G1} [kNm]	M _{G2} [kNm]	M _{Q,traff} [kNm]	N _{rd} [kN]	M _{rd} [kNm]	M _{Δt} [kNm]	M _w [kNm]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.00	489.0	551.0	0.0	0.0
1.00	S2	0.50	97.6	80.8	47.0	214.56	489.0	551.0	412.6	17.5
2.02	S3	1.52	283.0	234.5	131.0	692.45	489.0	551.0	439.2	39.4
2.40	S4	1.90	347.5	287.9	165.3	754.33	489.0	551.0	406.0	50.0
5.82	S5	5.32	813.7	674.2	420.0	1527.33	489.0	551.0	407.2	129.0
8.86	S6	8.36	1056.3	875.2	569.6	1851.37	489.0	551.0	407.2	168.7
11.90	S7(Mezz)	11.40	1137.2	942.2	600.9	2045.9	489.0	551.0	407.2	183.6
14.94	S8	14.44	1056.3	875.2	569.6	1851.37	489.0	551.0	407.2	168.7
17.98	S9	17.48	813.7	674.2	420.0	1527.33	489.0	551.0	407.2	129.0
21.40	S10	20.90	347.5	287.9	165.3	754.33	489.0	551.0	406.0	50.0
21.78	S11	21.28	283.0	234.5	131.0	692.45	489.0	551.0	439.2	39.4
22.80	S12	22.30	97.6	80.8	47.0	214.6	489.0	551.0	412.6	17.5
23.80	S13 (J)	23.30	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	570.4	0.0
Coeff. SLU			1.35	1.35	1.5	1.35	1.2	1.2	0.9	0.9

Si ottengono così i seguenti valori del momento flettente agente M_{Ed} in combinazione slu.

Verifica sezioni a momento positivo - Valori sollecitazione allo SLU												
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	M _{G0} [kNm]	M _{G1} [kNm]	M _{G2} [kNm]	M _{Q,traff} [kNm]	N _{rd} [kN]	M _{rd} [kNm]	M _{Δt} [kNm]	M _w [kNm]	N _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	586.8	661.2	0.0	0.0	586.8	661.2
1.00	S2	0.50	131.7	109.1	70.5	289.7	586.8	661.2	371.4	15.7	586.8	1649.3
2.02	S3	1.52	382.1	316.6	196.4	934.8	586.8	661.2	395.3	35.4	586.8	2921.8
2.40	S4	1.90	469.1	388.7	247.9	1018.3	586.8	661.2	365.4	45.0	586.8	3195.5
5.82	S5	5.32	1098.5	910.2	630.0	2061.9	586.8	661.2	366.4	116.1	586.8	5844.3
8.86	S6	8.36	1426.0	1181.5	854.3	2499.3	586.8	661.2	366.4	151.8	586.8	7140.7
11.90	S7(Mezz)	11.40	1535.2	1272.0	901.3	2761.9	586.8	661.2	366.4	165.3	586.8	7663.3
14.94	S8	14.44	1426.0	1181.5	854.3	2499.3	586.8	661.2	366.4	151.8	586.8	7140.7
17.98	S9	17.48	1098.5	910.2	630.0	2061.9	586.8	661.2	366.4	116.1	586.8	5844.3
21.40	S10	20.90	469.1	388.7	247.9	1018.3	586.8	661.2	365.4	45.0	586.8	3195.5
21.78	S11	21.28	382.1	316.6	196.4	934.8	586.8	661.2	395.3	35.4	586.8	2921.8
22.80	S12	22.30	131.7	109.1	70.5	289.7	586.8	661.2	371.4	15.7	586.8	1649.3
23.80	S13 (J)	23.30	0.0	0.0	0.0	0.0	586.8	661.2	513.3	0.0	586.8	1174.5

Si verificano, nel seguente paragrafo, le sezioni caratteristiche nei confronti dello SLU.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

15.2.1 Verifiche a pressoflessione

Si riportano di seguito le verifiche strutturali delle sezioni per momento positivo. Per tutte le sezioni si considera la presenza di armatura di soletta $\phi 12/20\text{cm}$.

Le verifiche sono svolte mediante ausilio del software VcaSlu.

Nella determinazione del momento resistente si considerano solo i trefoli attivi nella sezione considerata, si trascura il contributo dell'armatura lenta inferiore della trave. Coerentemente con il limite deformativo dell'acciaio da precompressione si imposta $\epsilon_{su} = 1\%$

La verifica a flessione è svolta per la sezione di mezzeria S7 e la sezione S3 ove avviene la variazione del numero dei trefoli

Verifica C.A. S.L.U. - File: VI03_Mezzeria_S7_centrale

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

Titolo: Sez Mezzeria

N° Vertici: 35 **Zoom** **N° barre:** 2 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0.1	145
2	60.01	145
3	60.01	140
4	55.01	140
5	55.01	135
6	53.48	117

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 **0** kN
M_{xEd} 0 **0** kNm
M_{yEd} 0 **0** kNm

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

Tipo rottura: Lato acciaio - Cavo snervato

M_{xRd} 10718 kNm

Materiali: B450C C45/55

ϵ_{su} 10 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200000 N/mm² f_{cd} 25.5 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 16
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.9333
 τ_{c1} 2.543

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

Armatura Precompressione: N° cavi 4

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	σ_{su} [MPa]
1	16.68	0	7	1080
2	16.68	0	11	1080
3	16.68	0	17	1080
4	8.34	0	135	1080

Tipo cavo: Trefolo

ϵ_{su} 10 ‰
 f_{yd} 1452 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ϵ_{syd} 7.26 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 1080 N/mm²

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

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd **Dominio M-N**

L₀ 0 cm **Col. modello**

σ_{sp} 1452 N/mm²
 ϵ_{sp} 15.4 ‰ compressa predef.

Precompresso

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{rd} \rightarrow 7663 < 10718 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Le verifiche delle sezioni S5, S6 sono da ritenersi soddisfatte in quanto a parità del numero di trefoli con la sezione S7, il valore del momento flettente di progetto risulta inferiore.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

Verifica C.A. S.L.U. - File: V103_Mezzeria_S4_centrale

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

Titolo: Sez S3

N° Vertici: 35 Zoom N° barre: 2 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0.1	145	1	11.31	0	160
2	60.01	145	2	11.31	0	150
3	60.01	140				
4	55.01	140				
5	55.01	135				
6	53.48	117				

Armatura Precompressione

N° cavi: 4 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	σ _{sp} [MPa]
1	16.68	0	7	1080
2	16.68	0	11	1080
3	11.12	0	17	1080
4	8.34	0	135	1080

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

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

Tipologia flessione: Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C45/55

ε_{su} 10 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 25.5 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 16
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.9333
 τ_{c1} 2.543

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

Tipologia rottura: Lato acciaio - Cavo snervato

M_{xRd} 9'631 kN m
 σ_c -24.93 N/mm²
 σ_s -117.9 N/mm²
 ε_c 1.7 ‰
 ε_s -0.5094 ‰
 d 158 cm
 x 22.96 x/d 0.1453
 δ 0.7

Armatura Precompressione: Tipo cavo: Trefolo
 ε_{su} 10 ‰
 f_{yd} 1'452 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ε_{syd} 7.26 ‰
 σ_{s,adm} 1080 N/mm²
 σ_{sp} 1'452 N/mm²
 ε_{sp} 15.4 ‰ compressa prefef.

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{rd} \rightarrow 3195 < 9631 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: V103_Mezzeria_S3_centrale

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

Titolo: Sez S3

N° Vertici: 35 Zoom N° barre: 2 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0.1	145	1	11.31	0	160
2	60.01	145	2	11.31	0	150
3	60.01	140				
4	55.01	140				
5	55.01	135				
6	53.48	117				

Armatura Precompressione

N° cavi: 4 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	σ _{sp} [MPa]
1	16.68	0	7	1080
2	11.12	0	11	1080
3	5.56	0	17	1080
4	8.34	0	135	1080

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

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

Tipologia flessione: Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C45/55

ε_{su} 10 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 25.5 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 16
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.9333
 τ_{c1} 2.543

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

Tipologia rottura: Lato acciaio - Cavo snervato

M_{xRd} 7'393 kN m
 σ_c -23.5 N/mm²
 σ_s -70.65 N/mm²
 ε_c 1.439 ‰
 ε_s -0.3533 ‰
 d 158 cm
 x 19.88 x/d 0.1258
 δ 0.7

Armatura Precompressione: Tipo cavo: Trefolo
 ε_{su} 10 ‰
 f_{yd} 1'452 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ε_{syd} 7.26 ‰
 σ_{s,adm} 1080 N/mm²
 σ_{sp} 1'452 N/mm²
 ε_{sp} 15.4 ‰ compressa prefef.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	102

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{rd} \rightarrow 2921 < 7393 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

La verifica della sezione S2 è da ritenersi soddisfatta in quanto a parità del numero di trefoli con la sezione S3, il valore del momento flettente di progetto risulta inferiore.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	103

15.3 VERIFICHE ALLO SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI E TORCENTI

Si riportano di seguito le verifiche strutturali delle sezioni a taglio e taglio – torsione.

Parametri adottati per le verifiche a taglio e torsione

$ctg\alpha =$	0.00	inclinazione dell'armatura trasversale rispetto asse trave			
$f_{cd} =$	25.87	resistenza di calcolo a compressione del cls			
$v =$	0.50	coefficiente riduttivo per cls fessurato a taglio			
$f'_{cd} =$	12.93	resistenza di calcolo corretta del cls			
$f_{ywd} =$	391.30	resistenza di calcolo delle armature a taglio			
$n_w =$	2.00	numero delle anime della sezione			
$u_m =$	5.12	perimetro medio del nucleo resistente			

Sulla base dei disegni esecutivi a cui si rimanda per approfondimenti, si definiscono i seguenti quantitativi di armatura trasversale.

Caratteristiche travi e armature a taglio - Singola nervatura trave												
$x_{test, trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse\ pila}$ [m]	$ctg\theta$	σ_{cp} [MPa]	α_c	b_w [cm]	bracci [-]	ϕ [mm]	p [cm]	A_{sw}/s [cm ² /m]	d [cm]	Ω [m ²]
0.00	S1 (I)	-0.50	1.00	0.00	1.00	24	2	14	10	30.79	140	1.40
1.00	S2	0.50	1.00	2.59	1.10	24	2	14	10	30.79	140	1.40
2.02	S3	1.52	1.00	3.79	1.15	24	2	14	10	30.79	140	1.59
2.40	S4	1.90	1.00	6.93	1.25	14	2	14	10	30.79	140	1.59
5.82	S5	5.32	2.00	7.09	1.25	14	2	14	20	15.39	140	1.59
8.86	S6	8.36	2.00	7.18	1.25	14	2	14	20	15.39	140	1.59
11.90	S7 (Mezz)	11.40	2.00	7.21	1.25	14	2	14	20	15.39	140	1.59
14.94	S8	14.44	2.00	7.18	1.25	14	2	14	20	15.39	140	1.59
17.98	S9	17.48	2.00	7.09	1.25	14	2	14	20	15.39	140	1.59
21.40	S10	20.90	1.00	6.93	1.25	14	2	14	10	30.79	140	1.59
21.78	S11	21.28	1.00	3.79	1.15	24	2	14	10	30.79	140	1.59
22.80	S12	22.30	1.00	2.59	1.10	24	2	14	10	30.79	140	1.40
23.80	S13 (J)	23.30	1.00	0.00	1.00	24	2	14	10	30.79	140	1.40

Si riportano i valori caratteristici delle sollecitazioni di verifica e di seguito i loro valori combinati allo SLU. I valori delle sollecitazioni per i carichi da traffico sono racchiusi in un'unica colonna.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato			COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
			LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	104

Verifica sezioni - Valori caratteristici di sollecitazione									
X _{test.trave}	Sez.	X _{asse pila}	V _{G0}	V _{G1}	V _{G2}	V _{wind}	V _{Q,traff}	V _{rd}	V _{Δt}
[m]		[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.00	S1 (I)	-0.50							
1.00	S2	0.50	215.67	261.87	84.34	32.76	481.47	0	0
2.02	S3	1.52	190.21	237.37	80.30	29.08	481.47	0	0
2.40	S4	1.90	183.56	228.24	81.09	27.63	398.40	0	0
5.82	S5	5.32	123.69	146.07	63.19	15.47	294.74	0	0
8.86	S6	8.36	53.22	73.04	21.73	9.32	298.44	0	0
11.90	S7 (Mezz)	11.40	0.00	0.00	0.00	0.00	210.16	0	0
14.94	S8	14.44	53.22	73.04	21.73	9.32	298.44	0	0
17.98	S9	17.48	123.69	146.07	63.19	15.47	294.74	0	0
21.40	S10	20.90	183.56	228.24	81.09	27.63	398.40	0	0
21.78	S11	21.28	190.21	237.37	80.30	29.08	481.47	0	0
22.80	S12	22.30	215.67	261.87	84.34	32.76	481.47	0	0
23.80	S13 (J)	23.30							
	<i>Coeff. SLU</i>		1.35	1.35	1.5	0.9	1.35	1.2	0.9

Si ottengono i seguenti valori di taglio allo SLU

Verifica sezioni - Valori sollecitazioni allo SLU										
X _{test.trave}	Sez.	X _{asse pila}	V _{G0}	V _{G1}	V _{G2}	V _{wind}	V _{Q,traff}	V _{rd}	V _{Δt}	V _{Ed}
[m]		[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.00	S1 (I)	-0.50	0	0	0	0	0	0	0	0
1.00	S2	0.50	291	354	127	29	650	0	0	1451
2.02	S3	1.52	257	320	120	26	650	0	0	1374
2.40	S4	1.90	248	308	122	25	538	0	0	1240
5.82	S5	5.32	167	197	95	14	398	0	0	871
8.86	S6	8.36	72	99	33	8	403	0	0	614
11.90	S7 (Mezz)	11.40	0	0	0	0	284	0	0	284
14.94	S8	14.44	72	99	33	8	403	0	0	614
17.98	S9	17.48	167	197	95	14	398	0	0	871
21.40	S10	20.90	248	308	122	25	538	0	0	1240
21.78	S11	21.28	257	320	120	26	650	0	0	1374
22.80	S12	22.30	291	354	127	29	650	0	0	1451
23.80	S13 (J)	23.30	0	0	0	0	0	0	0	0

La determinazione del taglio resistente avviene secondo le formulazioni per “elementi armati a taglio” adottando come valore del taglio resistente il minimo tra V_{rsd} e V_{rcd}
 La verifica è riportata di seguito in forma tabellare:

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	105

$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	z [cm]	V_{Rcd} [kN]	V_{Rsd} [kN]	V_{Rd} [kN]	V_{Ed} [kN]	V_{Ed}/V_{Rd}
0.00	S1 (I)	-0.50						
1.00	S2	0.50	140	4847	3373	3373	1451	0.43
2.02	S3	1.52	140	5081	3373	3373	1374	0.41
2.40	S4	1.90	140	3169	3373	3169	1240	0.39
5.82	S5	5.32	140	2535	3373	2535	871	0.34
8.86	S6	8.36	140	2535	3373	2535	614	0.24
11.90	S7(Mezz)	11.40	140	2535	3373	2535	284	0.11
14.94	S8	14.44	140	2535	3373	2535	614	0.24
17.98	S9	17.48	140	2535	3373	2535	871	0.34
21.40	S10	20.90	140	3169	3373	3169	1240	0.39
21.78	S11	21.28	140	5081	3373	3373	1374	0.41
22.80	S12	22.30	140	4847	3373	3373	1451	0.43
23.80	S13 (J)	23.30						

Per tutte le sezioni risulta $V_{ed} < V_{rd} \rightarrow$ la verifica è soddisfatta.

Si riporta di seguito la verifica combinata per taglio e torsione. La verifica è svolta secondo le indicazioni delle NTC al §4.1.2.3.6

Verifica combinata taglio e torsione - Valori complessivi armature trasversali										
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	z [cm]	V_{Ed} [kN]	$T_{Q,traff}$ [kNm]	T_{G2} [kNm]	T_{Ed} [kNm]	V_{Rcd} [kN]	T_{Rcd} [kNm]	k_{VT}
0.00	S1 (I)	-0.50	140.00	0.0		0.0	0.0	4345.9	4345.9	0.00
1.00	S2	0.50	140.00	1450.7	321.2	68.9	536.9	4847.4	4345.9	0.42
2.02	S3	1.52	140.00	1373.8	321.1	68.9	536.8	5081.3	4935.7	0.38
2.40	S4	1.90	140.00	1240.3	320.5	63.2	527.4	3168.9	2879.1	0.57
5.82	S5	5.32	140.00	870.8	274.1	57.9	457.0	2535.1	2303.3	0.54
8.86	S6	8.36	140.00	614.3	213.2	10.3	303.4	2535.1	2303.3	0.37
11.90	S7(Mezz)	11.40	140.00	283.7	163.2	0.0	220.3	2535.1	2303.3	0.21
14.94	S8	14.44	140.00	614.3	213.2	10.3	303.4	2535.1	2303.3	0.37
17.98	S9	17.48	140.00	870.8	274.1	57.9	457.0	2535.1	2303.3	0.54
21.40	S10	20.90	140.00	1240.3	320.5	63.2	527.4	3168.9	2879.1	0.57
21.78	S11	21.28	140.00	1373.8	321.1	68.9	536.8	5081.3	4935.7	0.38
22.80	S12	22.30	140.00	1450.7	321.2	68.9	536.9	4847.4	4345.9	0.42
23.80	S13 (J)	23.30	140.00	0.0		0.0	0.0	4345.9	4345.9	0.00
	$K_{VT} =$	verifica combinata a taglio e torsione								
	$A_{sw,V} =$	area complessiva minima armature per solo taglio								
	$A_{sw,T} =$	area complessiva minima armature trasversali per sola torsione								
	$A_{sw,min} =$	area complessiva minima armature trasversali per taglio e torsione								
	$A_{sw,min} =$	area complessiva minima armature longitudinali per torsione								

Per tutte le sezioni risulta K_{vt} (formula 4.1.40) $< 1 \rightarrow$ la verifica è soddisfatta.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	106

15.4 VERIFICA SCORRIMENTO TRAVE SOLETTA

Si riportano di seguito la verifica delle tensioni tangenziali all'interfaccia trave-soletta.

La verifica è svolta sulla base dei seguenti parametri:

c =	0.35		parametro dipendente dalla scabrezza dell'interfaccia	
μ =	0.60		parametro dipendente dalla scabrezza dell'interfaccia	
f_{ctd} =	-1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione del cls della soletta	
f_{ywd} =	391.30	MPa	resistenza di calcolo delle armature a taglio	

Il calcolo della tensione tangenziale dovuta allo scorrimento è riportato di seguito in forma tabellare. Concorre alla determinazione del taglio di progetto il valore del taglio allo SLU decurtato del taglio dovuto al peso proprio della trave e dei getti in opera (getti su trave isolata)

Calcolo della tensione tangenziale dovuta allo scorrimento									
$x_{test\ trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse\ pila}$ [m]	V_{scorr} [kN]	A_{sol} [m ²]	$d_{Gsol,0}$ [m]	S_{sol} [m ³]	I_0 [m ⁴]	$2 \times b_{sol}$ [m]	τ_{VEd} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50							
1.00	S2	0.50	805.98	0.463	0.590	0.2729	0.49085	0.90	0.50
2.02	S3	1.52	796.61	0.463	0.628	0.2905	0.44095	0.90	0.58
2.40	S4	1.90	684.34	0.463	0.581	0.2685	0.39079	0.90	0.52
5.82	S5	5.32	506.61	0.463	0.582	0.2693	0.39224	0.90	0.39
8.86	S6	8.36	443.88	0.463	0.582	0.2693	0.39224	0.90	0.34
11.90	S7 (Mezz)	11.40	283.72	0.463	0.582	0.2693	0.39224	0.90	0.22
14.94	S8	14.44	443.88	0.463	0.582	0.2693	0.39224	0.90	0.34
17.98	S9	17.48	506.61	0.463	0.582	0.2693	0.39224	0.90	0.39
21.40	S10	20.90	684.34	0.463	0.581	0.2685	0.39079	0.90	0.52
21.78	S11	21.28	796.61	0.463	0.628	0.2905	0.44095	0.90	0.58
22.80	S12	22.30	805.98	0.463	0.590	0.2729	0.49085	0.90	0.50
23.80	S13 (J)	23.30							

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	M_{tors} [kNm]	Ω [m ²]	b_{sol} [m]	τ_{VEd} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50				
1.00	S2	0.50	536.93	1.40	0.450	0.43
2.02	S3	1.52	536.84	1.59	0.450	0.38
2.40	S4	1.90	527.37	1.59	0.450	0.37
5.82	S5	5.32	456.95	1.59	0.450	0.32
8.86	S6	8.36	303.37	1.59	0.450	0.21
11.90	S7 (Mezz)	11.40	220.31	1.59	0.450	0.15
14.94	S8	14.44	303.37	1.59	0.450	0.21
17.98	S9	17.48	456.95	1.59	0.450	0.32
21.40	S10	20.90	527.37	1.59	0.450	0.37
21.78	S11	21.28	536.84	1.59	0.450	0.38
22.80	S12	22.30	536.93	1.40	0.450	0.43
23.80	S13 (J)	23.30				

$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	b_{sol} [cm]	A_{sup} [cm ² /m]	bracci [-]	ϕ_1 [mm]	p_1 [cm]	A_{conn} [cm ² /m]	ρ [adim]	α [°]	sen α [adim]	cos α [adim]	σ_n [MPa]	τ_{Rd} [MPa]	τ_{Ed} [MPa]	$\tau_{\text{Ed}}/\tau_{\text{Rd}}$ [adim]
0.00	S1 (I)	-0.50	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	90	1.00	0.00	0.0	2.11	0.00	0.00
1.00	S2	0.50	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	90	1.00	0.00	0.0	2.11	0.92	0.44
2.02	S3	1.52	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	90	1.00	0.00	0.0	2.11	0.96	0.45
2.40	S4	1.90	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	90	1.00	0.00	0.0	2.11	0.89	0.42
5.82	S5	5.32	45.00	4500	2	14	20	15.39	0.003421	90	1.00	0.00	0.0	1.31	0.71	0.54
8.86	S6	8.36	45.00	4500	2	14	20	15.39	0.003421	90	1.00	0.00	0.0	1.31	0.55	0.42
11.90	S7 (Mezz)	11.40	45.00	4500	2	14	20	15.39	0.003421	90	1.00	0.00	0.0	1.31	0.37	0.28
14.94	S8	14.44	45.00	4500	2	14	20	15.39	0.003421	90	1.00	0.00	0.0	1.31	0.55	0.42
17.98	S9	17.48	45.00	4500	2	14	20	15.39	0.003421	90	1.00	0.00	0.0	1.31	0.71	0.54
21.40	S10	20.90	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	90	1.00	0.00	0.0	2.11	0.89	0.42
21.78	S11	21.28	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	90	1.00	0.00	0.0	2.11	0.96	0.45
22.80	S12	22.30	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	91	1.00	-0.02	0.0	2.07	0.92	0.45
23.80	S13 (J)	23.30	45.00	4500	2	14	10	30.79	0.006842	92	1.00	-0.03	0.0	2.02	0.00	0.00

b_{sol} =	Larghezza di contatto, per ciascuna anima
A_{sup} =	Area di contatto per metro di lunghezza, per ciascuna anima
A_{conn} =	Area dei connettori adottati, per metro di lunghezza
ρ =	rapporto $A_{\text{conn}}/A_{\text{sup}}$
α =	Angolo medio dei connettori rispetto la superficie di contatto
σ_n =	Tensione normale all'interfaccia
τ_{Rd} =	Tensione tangenziale ultima di contatto

Per nessuna sezione la tensione tangenziale di contatto supera il valore limite. Verifica soddisfatta

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	108

15.5 VERIFICA TRAVE IN ESERCIZIO

Nelle tabelle seguenti sono riportate le tensioni finali nel calcestruzzo ai lembi superiore e inferiore della trave e al lembo superiore ed inferiore della soletta, nelle combinazioni di carico rara, frequente e quasi permanente.

I valori limite delle tensioni di cui al precedente §3.2 sono di seguito sintetizzati

$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck} =$	27	MPa	Tensione massima di compressione in esercizio per combinazioni RARE
$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck} =$	20,25	MPa	Tensione massima di compressione in esercizio per combinazioni QUASI PERMANENTI
$\sigma_t < 0.35 \times f_{ctk} =$	0.93	MPa	Tensione massima di trazione per combinazioni RARE (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A – par. 2.6.2.2.2)
$\sigma_t < 0.045 \times f_{ck} =$	2.025	MPa	Tensione principale di trazione nella fibra baricentrica per combinazioni RARE (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A – par. 2.6.2.2.2)

SLE - Verifica sezioni a momento positivo - Valori caratteristici di sollecitazione

X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	M _{G0} [kNm]	M _{G1} [kNm]	M _{G2} [kNm]	N _{p,fin} [kN]	M _{p,fin} [kNm]	N _{rd} [kN]	M _{rd} [kNm]	M _w [kNm]	M _{Δt} [kNm]	M _{Q,traff} [kNm]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	0.0	0.0
1.00	S2	0.50	97.6	80.8	47.0	4633.2	-1920.6	489.0	551.0	17.5	412.6	214.6
2.02	S3	1.52	283.0	234.5	131.0	4490.1	-1280.6	489.0	551.0	39.4	439.2	692.5
2.40	S4	1.90	347.5	287.9	165.3	5351.1	-1652.2	489.0	551.0	50.0	406.0	754.3
5.82	S5	5.32	813.7	674.2	420.0	5933.7	-1908.7	489.0	551.0	129.0	407.2	1527.3
8.86	S6	8.36	1056.3	875.2	569.6	5994.7	-1928.3	489.0	551.0	168.7	407.2	1851.4
11.90	S7 (Mezz)	11.40	1137.2	942.2	600.9	6014.1	-1934.6	489.0	551.0	183.6	407.2	2045.9
14.94	S8	14.44	1056.3	875.2	569.6	5994.7	-1928.3	489.0	551.0	168.7	407.2	1851.4
17.98	S9	17.48	813.7	674.2	420.0	5933.7	-1908.7	489.0	551.0	129.0	407.2	1527.3
21.40	S10	20.90	347.5	287.9	165.3	5351.1	-1652.2	489.0	551.0	50.0	406.0	754.3
21.78	S11	21.28	283.0	234.5	131.0	4490.1	-1280.6	489.0	551.0	39.4	439.2	692.5
22.80	S12	22.30	97.6	80.8	47.0	4633.2	-1920.6	489.0	551.0	17.5	412.6	214.6
23.80	S13 (J)	23.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	570.4	0.0

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	109

15.5.1 Verifiche in combinazione rara

In combinazione rara si ottengono i seguenti valori di sollecitazione

Verifica sezioni a momento positivo - Valori di sollecitazione in combinazione rara												
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	M _{G0} [kNm]	M _{G1} [kNm]	M _{G2} [kNm]	N _{p,fin} [kN]	M _{p,fin} [kNm]	N _{rd} [kN]	M _{rd} [kNm]	M _w [kNm]	M _{Δt} [kNm]	M _{O,traff} [kNm]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	0.0	0.0
1.00	S2	0.50	97.6	80.8	47.0	4633.2	-1920.6	489.0	551.0	10.5	247.6	214.6
2.02	S3	1.52	283.0	234.5	131.0	4490.1	-1280.6	489.0	551.0	23.6	263.5	692.5
2.40	S4	1.90	347.5	287.9	165.3	5351.1	-1652.2	489.0	551.0	30.0	243.6	754.3
5.82	S5	5.32	813.7	674.2	420.0	5933.7	-1908.7	489.0	551.0	77.4	244.3	1527.3
8.86	S6	8.36	1056.3	875.2	569.6	5994.7	-1928.3	489.0	551.0	101.2	244.3	1851.4
11.90	S7(Mezz)	11.40	1137.2	942.2	600.9	6014.1	-1934.6	489.0	551.0	110.2	244.3	2045.9
14.94	S8	14.44	1056.3	875.2	569.6	5994.7	-1928.3	489.0	551.0	101.2	244.3	1851.4
17.98	S9	17.48	813.7	674.2	420.0	5933.7	-1908.7	489.0	551.0	77.4	244.3	1527.3
21.40	S10	20.90	347.5	287.9	165.3	5351.1	-1652.2	489.0	551.0	30.0	243.6	754.3
21.78	S11	21.28	283.0	234.5	131.0	4490.1	-1280.6	489.0	551.0	23.6	263.5	692.5
22.80	S12	22.30	97.6	80.8	47.0	4633.2	-1920.6	489.0	551.0	10.5	247.6	214.6
23.80	S13 (J)	23.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	342.2	0.0

Verifica sezioni a momento positivo																
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	Tensioni prima e seconda fase				N ^{3f} _{rara} [kN]	M ^{3f} _{rara} [kNm]	Tensioni terza fase				Tensioni finali			
			σ _{ss,rara} [MPa]	σ _{si,rara} [MPa]	σ _{ts,rara} [MPa]	σ _{ti,rara} [MPa]			σ _{ss,rara} [MPa]	σ _{si,rara} [MPa]	σ _{ts,rara} [MPa]	σ _{ti,rara} [MPa]	σ _{ss,rara} [MPa]	σ _{si,rara} [MPa]	σ _{ts,rara} [MPa]	σ _{ti,rara} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50														
1.00	S2	0.50	0.18	0.03	-0.52	7.59	489.0	1023.6	0.84	0.36	1.22	-1.70	1.02	0.39	0.70	5.89
2.02	S3	1.52	0.28	0.05	1.85	6.73	489.0	1530.6	1.97	1.17	2.09	-2.77	2.25	1.22	3.95	3.96
2.40	S4	1.90	0.38	0.00	3.02	11.45	489.0	1578.9	2.28	1.35	2.28	-3.38	2.67	1.35	5.30	8.08
5.82	S5	5.32	0.83	0.28	6.60	9.69	489.0	2400.0	3.65	2.23	3.24	-5.33	4.48	2.52	9.84	4.36
8.86	S6	8.36	1.07	0.45	8.69	7.88	489.0	2747.9	4.23	2.61	3.64	-6.17	5.30	3.06	12.33	1.72
11.90	S7(Mezz)	11.40	1.12	0.49	9.37	7.32	489.0	2951.3	4.57	2.83	3.88	-6.65	5.69	3.32	13.25	0.67
14.94	S8	14.44	1.07	0.45	8.69	7.88	489.0	2747.9	4.23	2.61	3.64	-6.17	5.30	3.06	12.33	1.72
17.98	S9	17.48	0.83	0.28	6.60	9.69	489.0	2400.0	3.65	2.23	3.24	-5.33	4.48	2.52	9.84	4.36
21.40	S10	20.90	0.38	0.00	3.02	11.45	489.0	1578.9	2.28	1.35	2.28	-3.38	2.67	1.35	5.30	8.08
21.78	S11	21.28	0.28	0.05	1.85	6.73	489.0	1530.6	1.97	1.17	2.09	-2.77	2.25	1.22	3.95	3.96
22.80	S12	22.30	0.18	0.03	-0.52	7.59	489.0	1023.6	0.84	0.36	1.22	-1.70	1.02	0.39	0.70	5.89
23.80	S13 (J)	23.30														

Per tutte le sezioni le tensioni non eccedono i valori limite di compressione e trazione. Le verifiche sono soddisfatte.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato			COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
			LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	110

15.5.2 Verifiche in combinazione frequente

Si riportano di seguito i valori caratteristici, in combinazione e i risultati delle verifiche per la combinazione SLE frequente.

Verifica sezioni a momento positivo - Valori di sollecitazione in combinazione frequente												
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	M _{G0} [kNm]	M _{G1} [kNm]	M _{G2} [kNm]	N _{p,fin} [kN]	M _{p,fin} [kNm]	N _{rd} [kN]	M _{rd} [kNm]	M _w [kNm]	M _{Δt} [kNm]	M _{O,traff} [kNm]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	0.0	0.0
1.00	S2	0.50	97.6	80.8	47.0	4633.2	-1920.6	489.0	551.0	0.0	206.3	138.1
2.02	S3	1.52	283.0	234.5	131.0	4490.1	-1280.6	489.0	551.0	0.0	219.6	451.9
2.40	S4	1.90	347.5	287.9	165.3	5351.1	-1652.2	489.0	551.0	0.0	203.0	485.8
5.82	S5	5.32	813.7	674.2	420.0	5933.7	-1908.7	489.0	551.0	0.0	203.6	966.9
8.86	S6	8.36	1056.3	875.2	569.6	5994.7	-1928.3	489.0	551.0	0.0	203.6	1163.5
11.90	S7(Mezz)	11.40	1137.2	942.2	600.9	6014.1	-1934.6	489.0	551.0	0.0	203.6	1286.9
14.94	S8	14.44	1056.3	875.2	569.6	5994.7	-1928.3	489.0	551.0	0.0	203.6	1163.5
17.98	S9	17.48	813.7	674.2	420.0	5933.7	-1908.7	489.0	551.0	0.0	203.6	966.9
21.40	S10	20.90	347.5	287.9	165.3	5351.1	-1652.2	489.0	551.0	0.0	203.0	485.8
21.78	S11	21.28	283.0	234.5	131.0	4490.1	-1280.6	489.0	551.0	0.0	219.6	451.9
22.80	S12	22.30	97.6	80.8	47.0	4633.2	-1920.6	489.0	551.0	0.0	206.3	138.1
23.80	S13 (J)	23.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	285.2	0.0

Verifica sezioni a momento positivo																
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	Tensioni prima e seconda fase						Tensioni terza fase				Tensioni finali			
			σ _{ss,freq.} [MPa]	σ _{si,freq.} [MPa]	σ _{ts,freq.} [MPa]	σ _{ti,freq.} [MPa]	N ^{3f} freq. [kN]	M ^{3f} freq. [kNm]	σ _{ss,freq.} [MPa]	σ _{si,freq.} [MPa]	σ _{ts,freq.} [MPa]	σ _{ti,freq.} [MPa]	σ _{ss,freq.} [MPa]	σ _{si,freq.} [MPa]	σ _{ts,freq.} [MPa]	σ _{ti,freq.} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50														
1.00	S2	0.50	0.18	0.03	-0.52	7.59	489.0	895.4	0.67	0.25	1.10	-1.45	0.85	0.28	0.58	6.13
2.02	S3	1.52	0.28	0.05	1.85	6.73	489.0	1222.5	1.49	0.85	1.74	-2.14	1.77	0.89	3.60	4.59
2.40	S4	1.90	0.38	0.00	3.02	11.45	489.0	1239.8	1.72	0.99	1.89	-2.56	2.10	0.99	4.90	8.90
5.82	S5	5.32	0.83	0.28	6.60	9.69	489.0	1721.4	2.52	1.50	2.45	-3.70	3.35	1.79	9.04	5.99
8.86	S6	8.36	1.07	0.45	8.69	7.88	489.0	1918.1	2.85	1.72	2.67	-4.17	3.92	2.17	11.37	3.71
11.90	S7(Mezz)	11.40	1.12	0.49	9.37	7.32	489.0	2041.5	3.05	1.85	2.82	-4.47	4.17	2.34	12.19	2.85
14.94	S8	14.44	1.07	0.45	8.69	7.88	489.0	1918.1	2.85	1.72	2.67	-4.17	3.92	2.17	11.37	3.71
17.98	S9	17.48	0.83	0.28	6.60	9.69	489.0	1721.4	2.52	1.50	2.45	-3.70	3.35	1.79	9.04	5.99
21.40	S10	20.90	0.38	0.00	3.02	11.45	489.0	1239.8	1.72	0.99	1.89	-2.56	2.10	0.99	4.90	8.90
21.78	S11	21.28	0.28	0.05	1.85	6.73	489.0	1222.5	1.49	0.85	1.74	-2.14	1.77	0.89	3.60	4.59
22.80	S12	22.30	0.18	0.03	-0.52	7.59	489.0	895.4	0.67	0.25	1.10	-1.45	0.85	0.28	0.58	6.13
23.80	S13 (J)	23.30														

Per tutte le sezioni le tensioni non eccedono i valori limite. Le verifiche sono soddisfatte. Inoltre, essendo la tensione di trazione inferiore al limite indicato, non sono necessarie verifiche a fessurazione.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	111

15.5.3 Verifiche in combinazione quasi permanente

Si riportano di seguito i valori caratteristici, in combinazione e i risultati delle verifiche per la combinazione SLE quasi permanente.

Verifica sezioni a momento positivo - Valori di sollecitazione in combinazione quasi permanente												
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	M _{G0} [kNm]	M _{G1} [kNm]	M _{G2} [kNm]	N _{p,fin} [kN]	M _{p,fin} [kNm]	N _{rd} [kN]	M _{rd} [kNm]	M _w [kNm]	M _{Δt} [kNm]	M _{O,traff} [kNm]
0.00	S1 (I)	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	0.0	0.0
1.00	S2	0.50	97.6	80.8	47.0	4633.2	-1920.6	489.0	551.0	0.0	206.3	0.0
2.02	S3	1.52	283.0	234.5	131.0	4490.1	-1280.6	489.0	551.0	0.0	219.6	0.0
2.40	S4	1.90	347.5	287.9	165.3	5351.1	-1652.2	489.0	551.0	0.0	203.0	0.0
5.82	S5	5.32	813.7	674.2	420.0	5933.7	-1908.7	489.0	551.0	0.0	203.6	0.0
8.86	S6	8.36	1056.3	875.2	569.6	5994.7	-1928.3	489.0	551.0	0.0	203.6	0.0
11.90	S7(Mezz)	11.40	1137.2	942.2	600.9	6014.1	-1934.6	489.0	551.0	0.0	203.6	0.0
14.94	S8	14.44	1056.3	875.2	569.6	5994.7	-1928.3	489.0	551.0	0.0	203.6	0.0
17.98	S9	17.48	813.7	674.2	420.0	5933.7	-1908.7	489.0	551.0	0.0	203.6	0.0
21.40	S10	20.90	347.5	287.9	165.3	5351.1	-1652.2	489.0	551.0	0.0	203.0	0.0
21.78	S11	21.28	283.0	234.5	131.0	4490.1	-1280.6	489.0	551.0	0.0	219.6	0.0
22.80	S12	22.30	97.6	80.8	47.0	4633.2	-1920.6	489.0	551.0	0.0	206.3	0.0
23.80	S13 (J)	23.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	489.0	551.0	0.0	285.2	0.0

Verifica sezioni a momento positivo																
X _{test.trave} [m]	Sez.	X _{asse pila} [m]	Tensioni prima e seconda fase				N ^{3f} _{q.p.} [kN]	M ^{3f} _{q.p.} [kNm]	Tensioni terza fase				Tensioni finali			
			σ _{ss,q.p.} [MPa]	σ _{si,q.p.} [MPa]	σ _{ts,q.p.} [MPa]	σ _{ti,q.p.} [MPa]			σ _{ss,q.p.} [MPa]	σ _{si,q.p.} [MPa]	σ _{ts,q.p.} [MPa]	σ _{ti,q.p.} [MPa]	σ _{ss,q.p.} [MPa]	σ _{si,q.p.} [MPa]	σ _{ts,q.p.} [MPa]	σ _{ti,q.p.} [MPa]
0.00	S1 (I)	-0.50														
1.00	S2	0.50	0.18	0.03	-0.52	7.59	489.0	757.3	0.48	0.13	0.97	-1.19	0.66	0.16	0.45	6.40
2.02	S3	1.52	0.28	0.05	1.85	6.73	489.0	770.6	0.78	0.37	1.23	-1.22	1.05	0.42	3.08	5.51
2.40	S4	1.90	0.38	0.00	3.02	11.45	489.0	754.0	0.91	0.46	1.32	-1.38	1.29	0.46	4.34	10.07
5.82	S5	5.32	0.83	0.28	6.60	9.69	489.0	754.6	0.91	0.46	1.32	-1.37	1.74	0.75	7.92	8.31
8.86	S6	8.36	1.07	0.45	8.69	7.88	489.0	754.6	0.91	0.46	1.32	-1.37	1.98	0.91	10.01	6.51
11.90	S7(Mezz)	11.40	1.12	0.49	9.37	7.32	489.0	754.6	0.91	0.46	1.32	-1.37	2.03	0.95	10.69	5.95
14.94	S8	14.44	1.07	0.45	8.69	7.88	489.0	754.6	0.91	0.46	1.32	-1.37	1.98	0.91	10.01	6.51
17.98	S9	17.48	0.83	0.28	6.60	9.69	489.0	754.6	0.91	0.46	1.32	-1.37	1.74	0.75	7.92	8.31
21.40	S10	20.90	0.38	0.00	3.02	11.45	489.0	754.0	0.91	0.46	1.32	-1.38	1.29	0.46	4.34	10.07
21.78	S11	21.28	0.28	0.05	1.85	6.73	489.0	770.6	0.78	0.37	1.23	-1.22	1.05	0.42	3.08	5.51
22.80	S12	22.30	0.18	0.03	-0.52	7.59	489.0	757.3	0.48	0.13	0.97	-1.19	0.66	0.16	0.45	6.40
23.80	S13 (J)	23.30														

Per tutte le sezioni le tensioni non eccedono i valori limite. Le verifiche sono soddisfatte. Inoltre, essendo la tensione di trazione inferiore al limite indicato, non sono necessarie verifiche a fessurazione.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

16. VERIFICA PER FORZE DI FENDITURA (BURSTING)

La verifica per forze di fenditura all'atto del trasferimento della precompressione in occasione del taglio dei trefoli, è svolta secondo le indicazioni riportate nel volume "Casi speciali di dimensionamento nelle costruzioni in c.a. e c.a.p." - F. Leonhardt, E. Monnig.

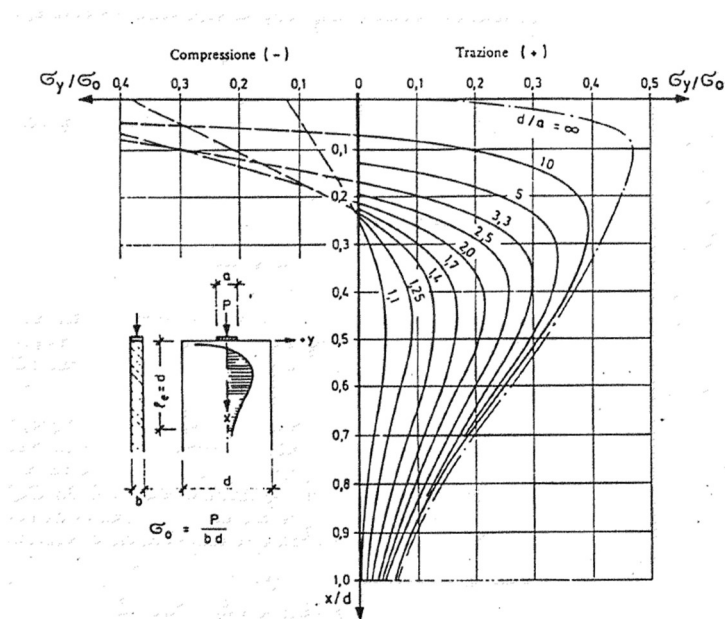


Figura 52 – Schema diffusione azioni di precompressione

La forza di fenditura agente (Z) può essere cautelativamente valutata in base alla seguente regola empirica: $Z=0.25 \cdot P$

dove P è la forza di precompressione trasferita dai trefoli alla sezione di testata della trave. Per valutare la forza di precompressione di fa riferimento all'azione di tipo pari a 1350 MPa. Trascurando l'effetto della precompressione dei trefoli nel martello superiore, e degli eventuali trefoli nell'anima, risultano attivi in testata (12+8+4) trefoli.

Risulta:

$$N_{\text{prec}} = n^{\circ} \text{ trefoli} \times A_{\text{tref}} \times \sigma_0 = 24 \times 139 \times 1350 = 4504 \text{ kN}$$

$$Z \text{ (forza fenditura)} = 0.25 \times N_{\text{prec}} = 1126 \text{ kN}$$

Contrastano l'azione di fenditura le armature lente disposte in verticale in un tratto di 1.4m (=h trave) di sviluppo della testata trave.

Nello specifico sono considerate le posizioni 9, 15 e 17 di cui agli specifici elaborati.

Trattasi di:

Pos 9: 1+1 $\phi 14/10\text{cm}$ \rightarrow tot 30 barre

Pos 15: 1+1 $\phi 20$ passo variabile \rightarrow tot 18barre

Pos 17: spilli 4 $\phi 6/40\text{cm}$

$$\text{Risulta } A_{r,\text{tot}} = 30 \times 1.54\text{cm}^2 + 18 \times 3.14\text{cm}^2 + 4 \times 0.28\text{cm}^2 \times (1.4/.4) = 46.2 + 56.52 + 3.92 = 106.64\text{cm}^2$$

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	113

L'azione di trazione (fenditura) è contrastata dalle suddette barre per le quali, in accordo con le indicazioni della bibliografia, per *“facilitare l'ancoraggio e mantenere fini le fessurazioni”* si considera una tensione massima di esercizio pari a 200MPa.

Risulta il seguente valore di resistenza:

$$P_{lim} = A_{ftot} \times \sigma_{rid} = 106.64 \times 200 = 2133 \text{ kN} \rightarrow P_{lim} > Z \rightarrow 2133 > 1126 \text{ kN} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta.}$$

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	114

17. VERIFICA DEI TRAVERSI

Si riportano di seguito i diagrammi delle sollecitazioni derivanti dall'analisi strutturale.

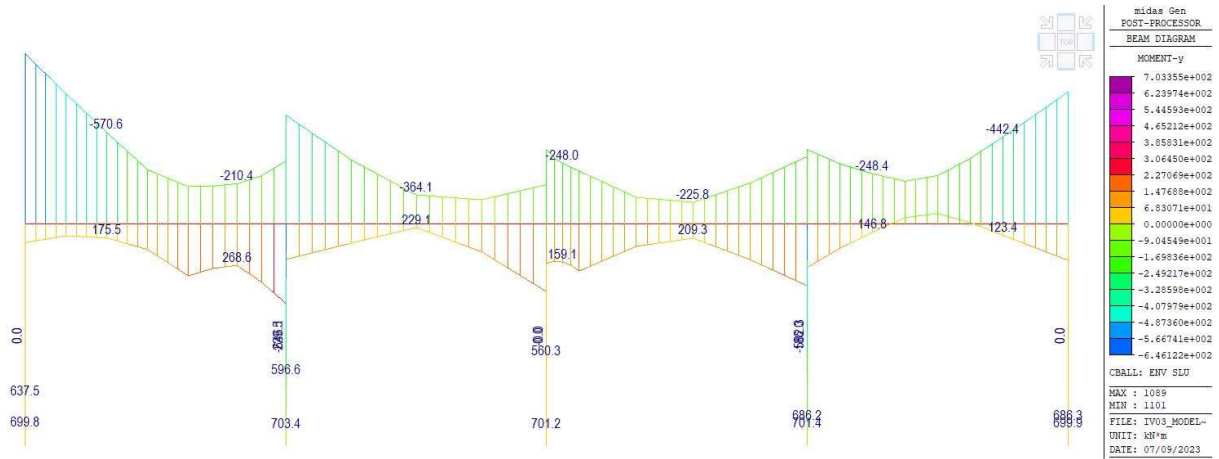


Figura 53 – Momento flettente trasverso di testata ENV SLU

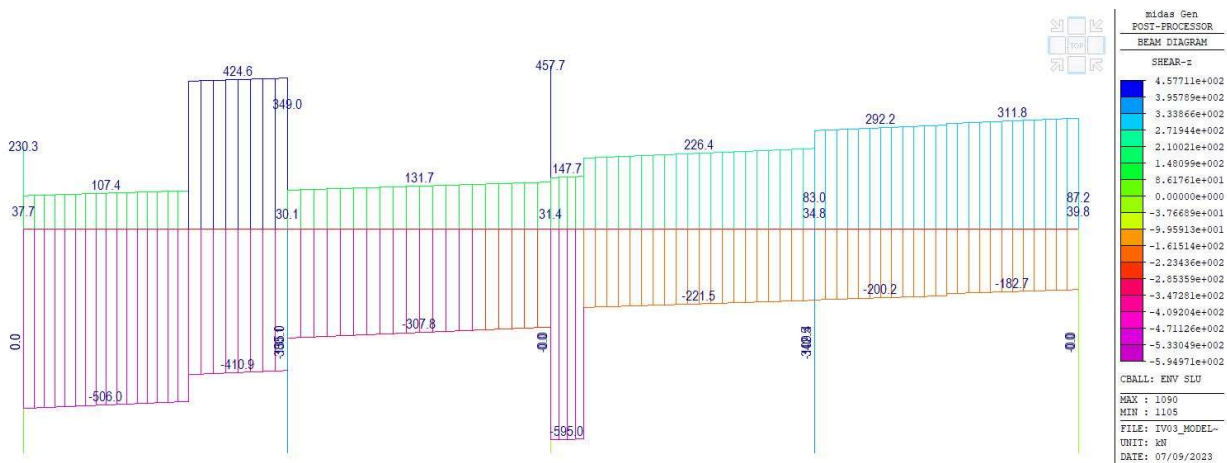


Figura 54 – Taglio trasverso di testata ENV SLU

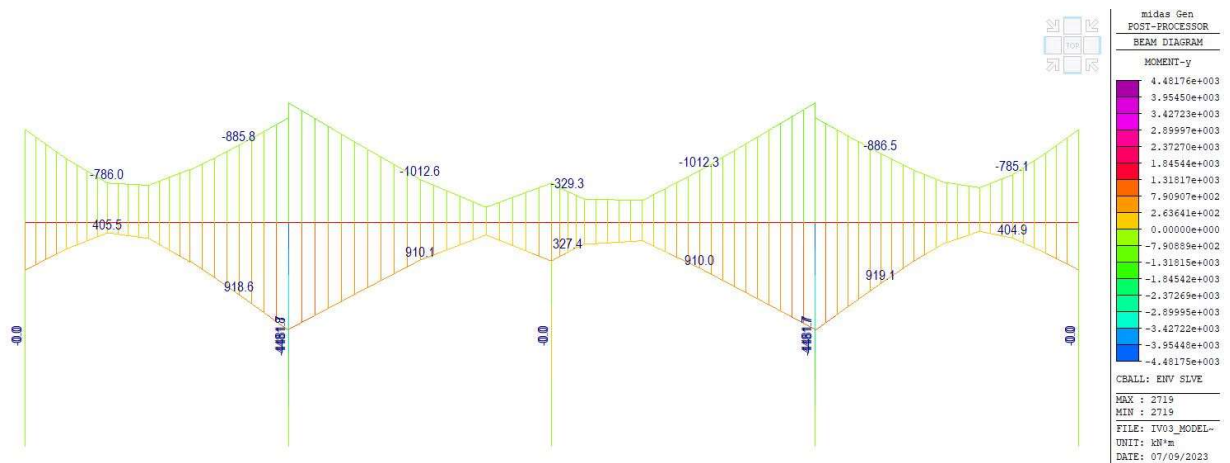


Figura 55 – Momento flettente trasverso di testata ENV SLV

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	115

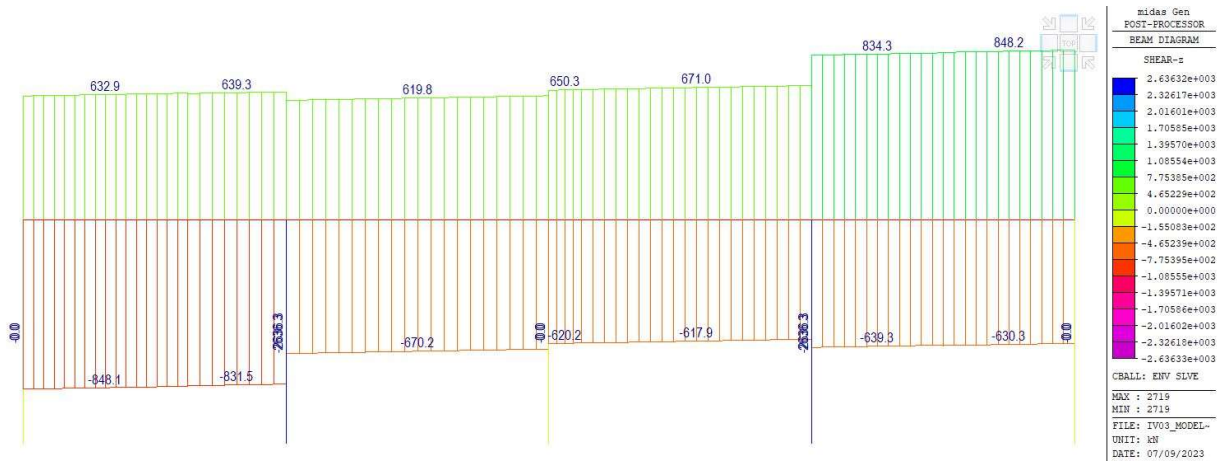


Figura 56 – Taglio trasverso di testata ENV SLV

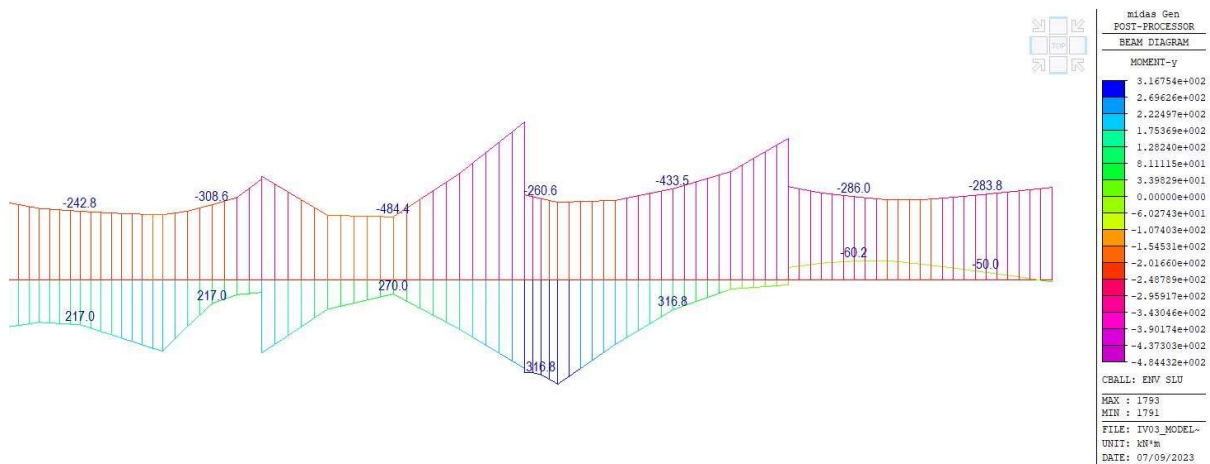


Figura 57 – Momento flettente trasverso intermedio ENV SLU

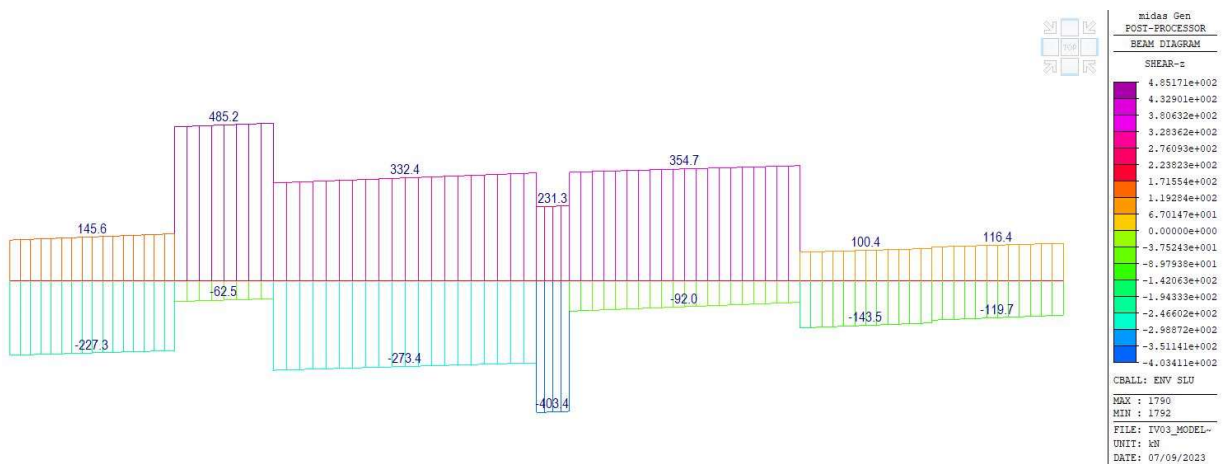


Figura 58 – Taglio trasverso intermedio ENV SLU

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

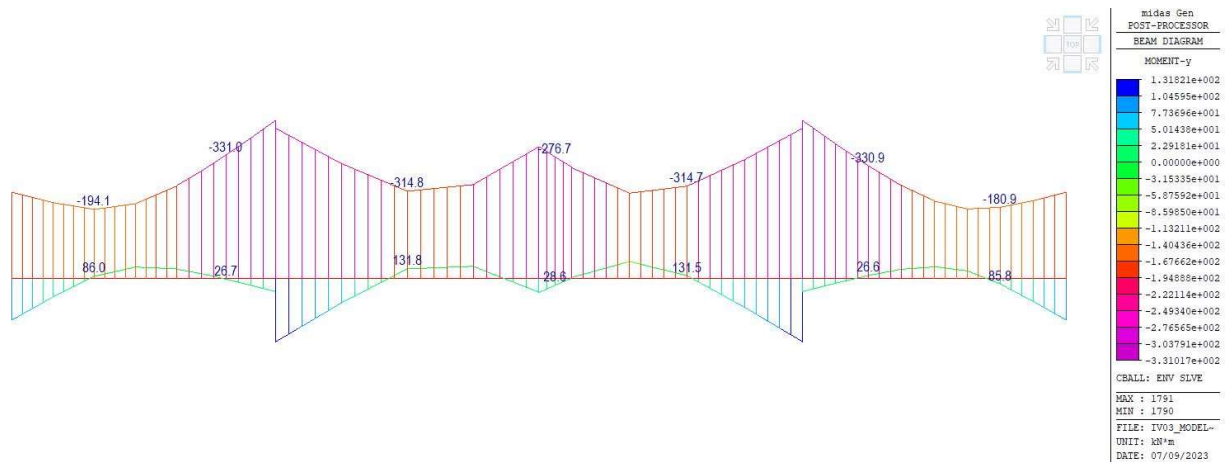


Figura 59 – Momento trasverso intermedio ENV SLV



Figura 60 – Taglio trasverso intermedio ENV SLV

Dalle precedenti immagini si nota chiaramente che i traversi di testata sono più sollecitati. Considerati gli stessi quantitativi di armatura e la stessa geometria tra i traversi di testata e correnti, di seguito si farà riferimento alle sollecitazioni massime dei traversi di estremità.

Risultano le seguenti massime sollecitazioni flessionali e taglianti.

Max M+ = 919 kNm (SLV)
 Max M- = -1012 kNm (SLV)
 Max V = 848 kN (SLV)

Le verifiche sono svolte nei confronti delle sollecitazioni allo SLV che risultano essere le più gravose in termini di flessione e taglio.

Si dispongono 4 Ø 26 barre dywidag per asola mentre in soletta sono presenti 1+1 Ø 12/20cm.

Ogni singola barra Ø 26 ha sezione trasversale resistente pari a 552mm².

Il traverso viene verificato come una sezione a T composta dal traverso di larghezza 40cm ed un campo di soletta superiore pari a 100cm

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

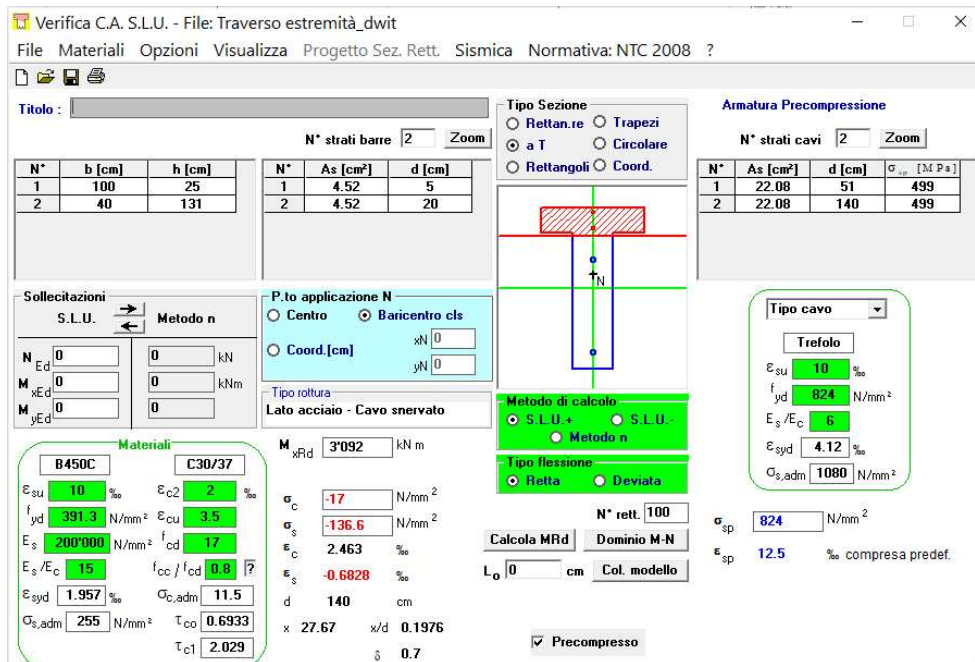


Figura 61 – Momento resistente positivo trasverso di testata

Con riferimento al momento positivo, il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento flettente resistente $M_{rd} \rightarrow 919 < 3092 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

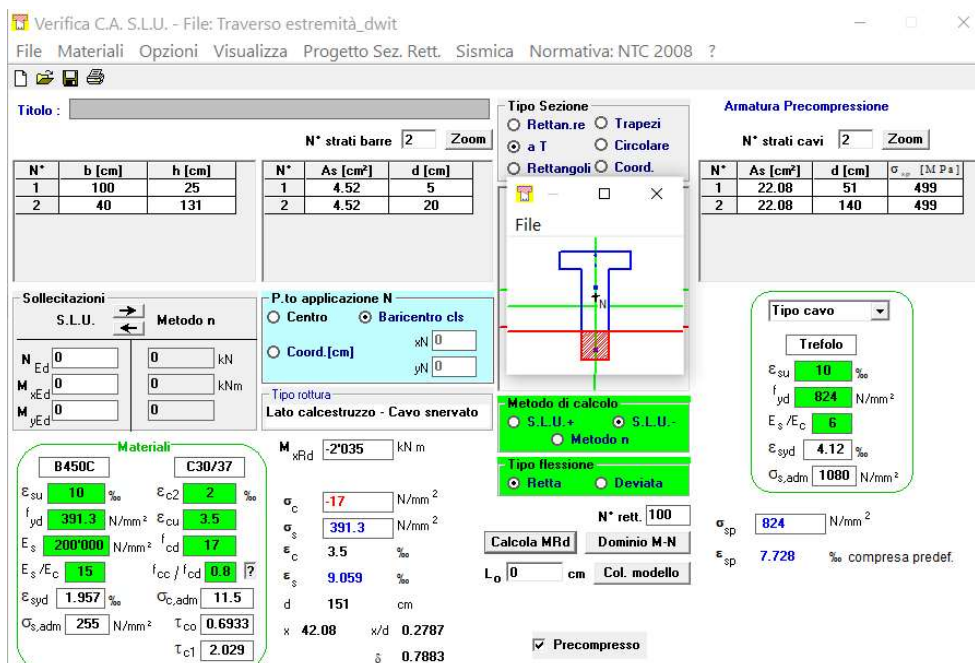


Figura 62 – Momento resistente negativo trasverso di testata

Con riferimento al momento negativo, il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento flettente resistente $M_{rd} \rightarrow -1012 < 2035 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	118

Con riferimento alle sollecitazioni taglianti, si effettuano sia la verifica di resistenza a taglio della sezione secondo le indicazioni delle NTC sia la verifica a scorrimento all'interfaccia tra le porzioni di traverso solidarizzate.

Per quest'ultima verifica si considera una tensione di tiro delle barre pari a 400Mpa.

Il traverso di testata è armato con staffe $\phi 14/15$ cm, presenta altezza di verifica 155cm e larghezza 40cm. Si riporta di seguito la determinazione del taglio resistente.

SEZIONE			
b_w	=	40	cm
h	=	155	cm
c	=	3	cm
d	=	$h-c$	= 152 cm
MATERIALI			
f_{ywd}	=	391.30	MPa
R_{ck}	=	55.00	MPa
γ_c	=	1.5	
f_{ck}	=	$0.83 \times R_{ck}$	= 45.65 MPa
f_{cd}	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	= 25.87 MPa
ARMATURE A TAGLIO			
ϕ_{st}	=	14	
braccia	=	2	
ϕ_{st2}	=	0	
braccia	=	0	
passo	=	15	cm
(A_{sw} / s)	=	20.525	cm ² / m
α	=	90	° (90° staffe verticali)
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO			
Armatura trasversale	$\cot(\theta) =$	2.33	$(\theta) =$ 23.20
$V_{Rd} =$	2563.01 (KN)	$\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	

Il taglio agente V_{sd} è minore del taglio resistente $V_{rd} \rightarrow 848 < 2563$ kN \rightarrow Verifica soddisfatta.

La determinazione della resistenza all'interfaccia è svolta secondo le indicazioni del §6.2.5 EC2 "azione tagliente all'interfaccia tra calcestruzzi gettati in tempi diversi", facendo ad una superficie "dentata" caratterizzata da $c = 0.35$ e $\mu = 0.6$.

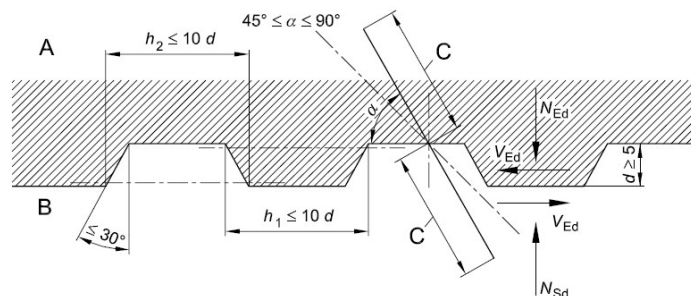


Figura 63 – Estratto Ec2 §6.5.2

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	119

Per entrambi gli impalcato le dimensioni della sezione di interfaccia sono: $b = 350\text{mm}$; $h = 1600\text{mm}$. Si considera una tensione media di compressione pari a

$$\sigma = (A_{\text{res}} \times 8 \times \sigma_{\text{tiro}} / A) = 552 \times 8 \times 400 / (400 \times 1550) = 2.85 \text{ MPa}$$

Non sono presenti armature passanti all'interfaccia.

§6.2.5 EC2: azione tagliante nell'interfaccia tra calcestruzzi gettati in tempi diversi.			
Materiali			
R_{ck}	55.0	MPa	
f_{ck}	45.7	MPa	
f_{cd}	25.9	MPa	
f_{ctd}	1.79		
f_{yd}	351.0	MPa	
Geometria			
h	1550	mm	altezza sup. interfaccia
b	400	mm	larghezza biella compressa
A_f	0.00	cm ²	
ρ	0.0000		As/Ai
u	0.49		
α	90	°	inclinazione ancoraggio
Fattori che dipendono dall'interfaccia			
c	0.50		
μ	0.90		
σ_n	2.84	MPa	Tensione di compressione
Sollecitazioni e verifica			
$V_{sd} \text{ (KN)}$		kN	Taglio agente
$0.5 v f_{cd}$	3933	kN	
V_{rd}	2139	kN	
$V_{rd} \text{ (min } V_{rd}; 0.5 v f_{cd}) > V_{sd}$	2139	kN	

Il taglio agente V_{sd} è minore del taglio resistente all'interfaccia $V_{rd} \rightarrow 848 < 2139 \text{ kN} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

17.1 VERIFICA PER SOLLEVAMENTO IMPALCATO

Per la valutazione delle sollecitazioni in tale fase si è realizzato un modello di calcolo in cui il traverso risulta appoggiato in corrispondenza dei martinetti.

Le sollecitazioni ottenute, dovute ai soli permanenti, in combinazione SLU, pertanto il sollevamento è consentito solo in regime di viadotto chiuso al traffico veicolare.

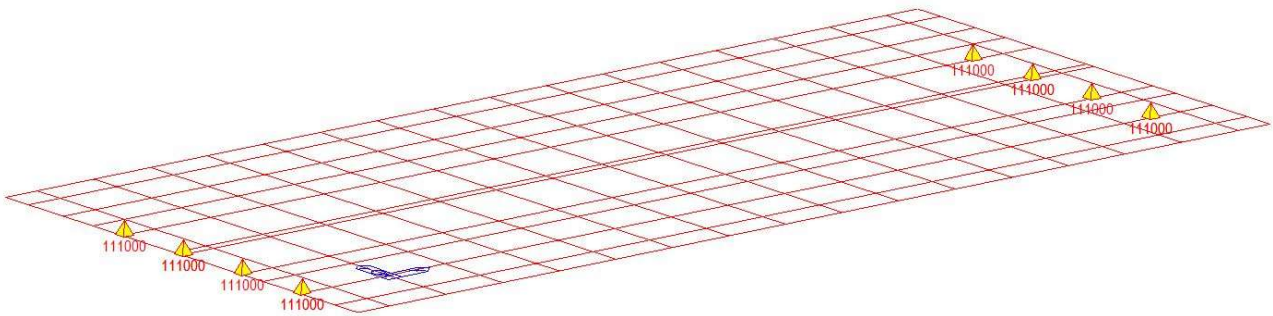


Figura 64 – Modello sollevamento

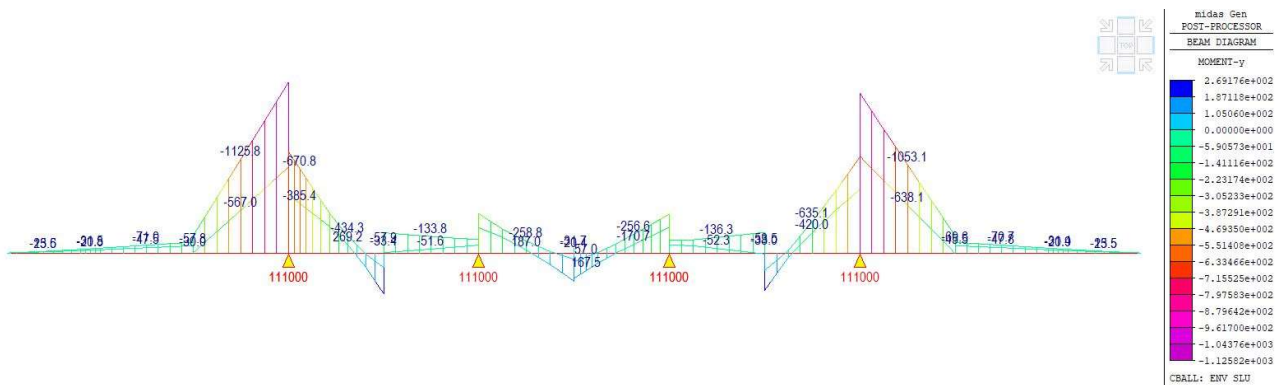


Figura 65 - Momento flettente

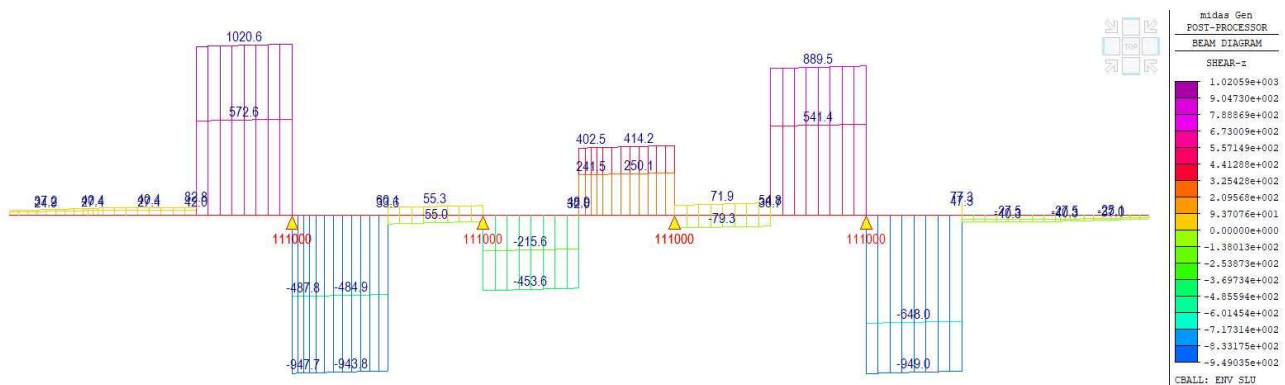


Figura 66 – Taglio trasverso

Risultano le seguenti massime sollecitazioni flessionali e taglianti.

Max M- = -1012 kNm (SLU solo permanenti)

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	121

Max V = 1020 kN (slu solo permanenti)

Le sollecitazioni agenti su riportate, sono minori delle resistenze a flessione, a taglio e all'interfaccia di cui al precedente paragrafo §17, pertanto le verifiche sono soddisfatte.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

18. SOLETTA

L'analisi delle sollecitazioni flettenti e taglianti nella direzione trasversale della soletta è stata sviluppata considerando una striscia di soletta di larghezza unitaria.

Si dispone armatura trasversale costituita da $\varnothing 12/20$ in zona tesa ed in zona compressa.

Si prevede l'impiego di soletta in c.a. di spessore totale variabile tra 27 e 36cm gettata su predalle prefabbricate; il fondello in calcestruzzo ha spessore 5cm ed i tralicci in acciaio B450c sono disposti con interasse 0.4m.

Il corrente inferiore del traliccio è costituito da 2 barre $\phi 8$ mentre il corrente superiore è costituito da una barra $\phi 10$; le aste di parete diagonali del traliccio sono costituite da barre $\phi 6$.

La larghezza di ogni singola predalla è di 2.4m. Si riporta sezione tipologia. Per i dettagli costruttivi si faccia riferimento agli specifici elaborati

In sintesi

Dimensioni traliccio:

$h = 0.125m$;

Diametro correnti inferiori: 8mm

Diametro corrente superiore: 10mm

Diametro diagonali: 6mm

Ai fini della verifica delle predalle si considerano le seguenti fasi di getto trasversale:

Fase 1: Getto soletta nei campi interni delle travi fino all'appoggio di estremità (compreso)

Fase 2: A maturazione avvenuta getto cls su sbalzi

Fase 3: Completamento getto con cordoli

18.1 GEOMETRIA DELLA SEZIONE TRASVERSALE:

La soletta ha uno spessore complessivo variabile tra 27 e 36cm su una larghezza di impalcato costante pari 12, suddivisa in una sede stradale di larghezza 8.5m, e due marciapiedi da 185cm. L'altezza dei cordoli è pari a 14cm.

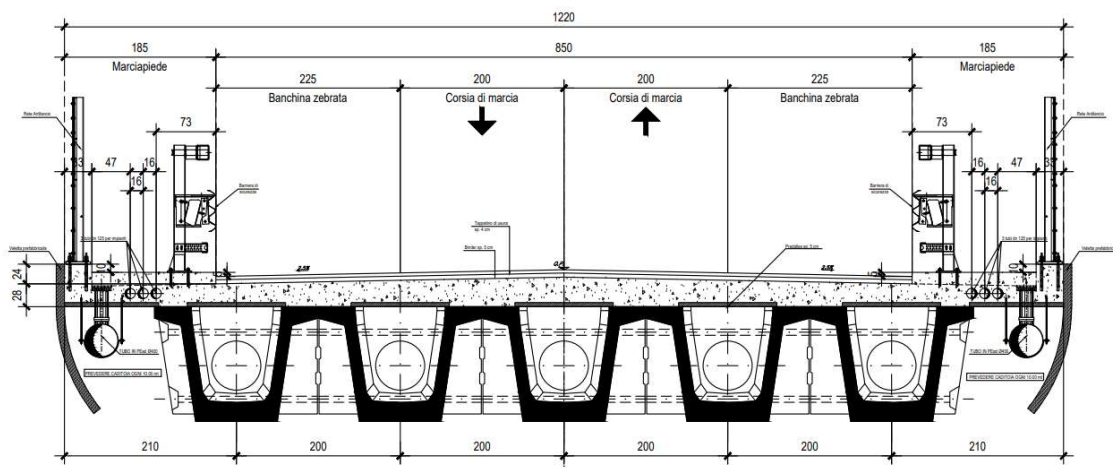


Figura 67 – Sezione trasversale impalcato

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

Considerata la geometria della soletta, di seguito si verificherà:

- Campo intermedio (nella trave) con luce di calcolo 115cm
- Sbalzo soletta luce di calcolo 1.10m
- Campo intermedio predalla durante le fasi di getto
- Predalla su sbalzo durante le fasi di getto.

18.2 VERIFICA PREDALLE IN FASE DI GETTO

Per la verifica delle lastre durante la fase di getto, oltre al peso del getto di calcestruzzo fresco, si considera un carico accidentale di 1 kN/m² che simula la presenza di operai e/o accumulo locale di materiale. La sequenza di getto è stata definita nel precedente paragrafo.

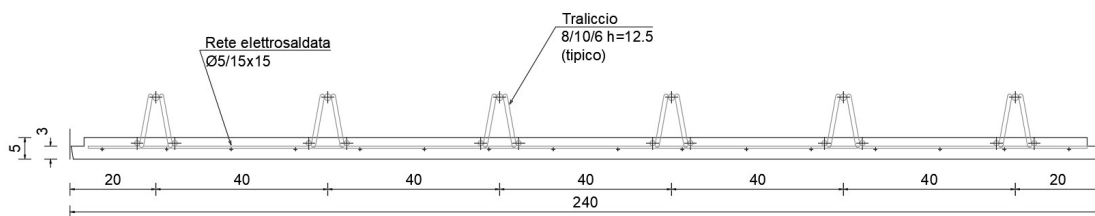


Figura 68 – Sezione trasversale predalla

18.2.1 Verifica campo intermedio “sulla trave”

La verifica è svolta di seguito in forma tabellare con riferimento al singolo campo di predalle. Considerati i maggiori volumi di getto in corrispondenza della trave centrale (31cm di cls) si fa riferimento al suddetto campo di verifica.

La verifica di resistenza e stabilità delle armature del traliccio è soddisfatta.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**IV03 - Relazione di calcolo
dell'impalcato**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	124

VERIFICA PREDALLES CAMPATA			
DATI			
Luce della campata	L	=	1.20 m
Spessore soletta cls	Ss	=	0.31 m
Spessore fondello cls	Sf	=	0.05 m
Interasse trasversale tralicci	i	=	0.40 m
Altezza totale traliccio (esterno - esterno)	h _t	=	0.125 m
Altezza efficace dei correnti (asse - asse)	h _{eff}	=	0.112 m
Lunghezza tra due tralicci successivi	l	=	20.00 cm
Interasse trasversale dei correnti inferiori	it _{ci}	=	10.00 cm
Larghezza predalles	B _{pred}	=	2.40 m
n°tralicci per predalle	n°t	=	6
SOLLECITAZIONI AGENTI			
Coefficiente combinazione SLU	γ	=	1.35
			tot dalla 1 tral.
Carico uniformemente distribuito	q	=	29.16 4.86 kN/m
Sovraccarico in fase di getto	q	=	3.24 0.54 kN/m
Carico uniformemente distribuito totale	q	=	32.40 5.40 kN/m
Momento flettente	M	=	5.83 0.97 kNm
Taglio	V	=	19.4 3.24 kN
Sforzo normale (di traz/compr nei correnti) M/h _{eff}	N	=±	8.68 kN
CORRENTE INFERIORE			
Area del corrente inferiore	A _{inf}	=	1.01 cm ²
Tensione nella singola barra (trazione)	σ _S	=	-86.3 N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione N _{t,Rd}	N _{t,Rd}	=	39.3 kN
N/N_{t,Rd} <1	N/N_{t,Rd}	=	0.22 OK
CORRENTE SUPERIORE			
Area del corrente superiore	A _{sup}	=	0.79 cm ²
Tensione nella barra (compressione)	σ _S	=	110.5 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione N _{c,Rd}	N _{c,Rd}	=	30.73 kN
N/N_{c,Rd} <1	N/N_{c,Rd}	=	0.282 OK
STABILITA' CORR. SUP.			
Coefficiente di vincolo β _v	β _v	=	0.9
Lunghezza tra due tralicci successivi	l	=	20.00 cm
Lunghezza libera d'inflessione l ₀ =l*β	l ₀	=	18.00 cm
N critico euleriano	N _{cr}	=	31.40 kN
Snellezza adimensionale	λ _{ad}	=	1.06
Fattore di imperfezione	α _i	=	0.49
coefficiente φ	φ	=	1.27
Coefficiente χ	χ	=	0.505
Coefficiente gamma M1	γ _{M1}	=	1.15
RESISTENZA INSTABILITA' ASTA COMPRESSA N _{b,Rd}	N _{b,Rd}	=	15.53 kN
N/N_{b,Rd} <1	N/N_{b,Rd}	=	0.559 OK
DIAGONALI			
Area dei diagonali	A _{inf}	=	0.57 cm ²
Angolo asta del diagonale sulla vista trasversale	α	=	24.1 deg
Angolo asta del diagonale sulla vista longitudinale	β	=	41.8 deg
Sforzo normale nel singolo diagonale (Compressione)	N	=	2.38 kN
Tensione nella singola barra (compressione)	σ _S	=	84.1 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione N _{c,Rd}	N _{c,Rd}	=	11.06 kN 1 dia.
N/N_{c,Rd} <1	N/N_{c,Rd}	=	0.215 OK
STABILITA'			
Coefficiente di vincolo β _v	β _v	=	1
Lunghezza del diagonale	l	=	15.83 cm
Lunghezza libera d'inflessione l ₀ =l*β	l ₀	=	15.83 cm
N critico euleriano	N _{cr}	=	5.26 kN
Snellezza adimensionale	λ _{ad}	=	2.20
Fattore di imperfezione	α _i	=	0.49
coefficiente φ	φ	=	3.41
Coefficiente χ	χ	=	0.166
Coefficiente gamma M1	γ _{M1}	=	1.15
RESISTENZA INSTABILITA' ASTA COMPRESSA N _{b,Rd}	N _{b,Rd}	=	3.68 kN
N/N_{b,Rd} <1	N/N_{b,Rd}	=	0.646 OK

CARATTERISTICHE TRALICCIO			
f _{yk}	450	N/mm ²	
E	2100000	kg/cm ²	
γ _{M0}	1.15		
γ _{M1}	1.15		
	φ	N°	A [cm ²] I [cm ⁴]
φ _s	10	1	0.79 0.049
ds	6	2	0.57 0.0064
φ _i	8	2	1.01
φ _{i,agg}			0.00

MANDATARIA 	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

18.2.2 Verifica predalle su sbalzo

La verifica è svolta di seguito in forma tabellare con riferimento alle fasi di getto precedentemente definite. In tale circostanza, considerato che il getto sullo sbalzo avviene a maturazione cls avvenuta, la verifica di instabilità del corrente inferiore è omessa.

VERIFICA PREDALLES SBALZO					CARATTERISTICHE TRALICCIO					
DATI					f_{yk}	450	N/mm^2			
Luce dello sbalzo	L =	1.10	m		E	2100000	kg/cm^2			
Spessore soletta cls	S _s =	0.23	m		γ_{M0}	1.15				
Spessore fondello cls	S _f =	0.05	m		γ_{M1}	1.15				
Interasse trasversale tralicci	i =	0.40	m		ϕ	N°	A [cm^2]	I [cm^4]		
Altezza totale traliccio (esterno - esterno)	h _t =	0.125	m		ϕ_s	10	1	0.79	0.049	
Altezza efficace dei correnti (asse - asse)	h _{eff} =	0.112	m		ds	6	2	0.57	0.0064	
Lunghezza tra due tralicci successivi	l =	20.00	cm		ϕ_i	8	2	1.01	0.040	
Interasse trasversale dei correnti inferiori	it _{ci} =	10.00	cm							
Larghezza predalles	B _{pred} =	2.40								
n° tralicci per predalle	n°t =	6								
SOLLECITAZIONI AGENTI										
Coefficiente combinazione SLU	γ =	1.35								
			tot dalla	1 tral.						
Carico uniformemente distribuito getto	q =	18.63	3.11	kN/m						
Carico uniformemente distribuito fondello	q =	4.05	3.11	kN/m						
Sovraccarico in fase di getto	q =	3.24	0.54	kN/m						
Carico uniformemente distribuito totale	q =	25.92	4.32	kN/m						
MOMENTO FLETTENTE	M =	15.68	2.61	kNm						
TAGLIO	V =	28.5	4.75	kN						
SFORZO NORMALE (di traz/compr nei correnti) M/h _{eff}	N =		23.34	kN						
CORRENTE SUPERIORE TESO										
AREA DEL CORRENTE SUPERIORE	A _{sup} =	0.79	cm ²							
Tensione nella barra (trazione)	σ =	297.12	N/mm^2							
Resistenza di calcolo a trazione N _{t,Rd}	N _{t,Rd} =	30.73	kN							
N/N_{t,Rd} <1	N/N_{t,Rd} =	0.76	OK							
DIAGONALI										
AREA DEI DIAGONALI	A _{inf} =	0.57	cm ²							
ANGOLO ASTA DEL DIAGONALE SULLA VISTA TRASVERSALE	α =	24.1	deg							
ANGOLO ASTA DEL DIAGONALE SULLA VISTA LONGITUDINALE	β =	41.8	deg							
SFORZO NORMALE NEL SINGOLO DIAGONALE (Compressione)	N =	3.49	kN							
Tensione nella singola barra (compressione)	σ_s =	123.4	N/mm^2							
Resistenza di calcolo a compressione N _{c,Rd}	N _{c,Rd} =	11.06	kN							
N/N_{c,Rd} <1	N/N_{c,Rd} =	0.315	OK							
STABILITA'										
Coefficiente di vincolo β_v	β_v =	1								
Lunghezza del diagonale	l =	15.83	cm							
Lunghezza libera d'inflessione l ₀ =l* β	l ₀ =	15.83	cm							
N critico euleriano	N _{cr} =	5.26	kN							
Snellezza adimensionale	λ_{ad} =	2.20								
Fattore di imperfezione	α_i =	0.49								
coefficiente ϕ	ϕ =	3.41								
Coefficiente χ	χ =	0.166								
Coefficiente gamma M1	γ_{M1} =	1.15								
RESISTENZA INSTABILITA' ASTA COMPRESSA N _{b,Rd}	N _{b,Rd} =	3.68	kN							
N/N_{b,Rd} <1	N/N_{b,Rd} =	0.947	OK							

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	126

18.3 VERIFICA SOLETTA NELLE FASI SUCCESSIVE

18.3.1 Campo intermedio (sulla trave)

Il momento massimo trasversale dato dall'effetto locale dei carichi sulla soletta viene determinato servendosi di uno schema semplificato di trave semi incastrata e prendendo il momento in mezzzeria.

I carichi permanenti considerati sono il peso proprio della soletta (G1) e della pavimentazione (G2).

La ricerca del massimo momento flettente generato dai carichi mobili viene condotta considerando sia il carico tandem di schema 1 (4x150kN) che il carico relativo all'impronta di schema 2.

Tale schema, considerato autonomamente e assunto a riferimento solo per verifiche locali, è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico (di dimensioni 0,35x0,60 [m]) poste ad un interasse di 2,00 [m]: il carico totale asse è pari a 400,00 [KN]

I carichi concentrati da considerarsi ai fini delle verifiche locali si assumono uniformemente distribuiti sulla superficie della rispettiva impronta. La diffusione attraverso la pavimentazione e lo spessore della soletta si considera coerentemente con quanto riportato al §5.1.3.3.6 delle NTC '08, avvenire attraverso una diffusione a 45°, fino al piano medio della struttura della soletta sottostante.

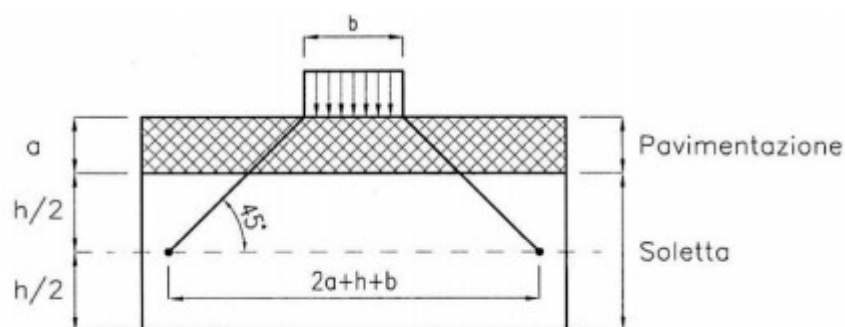


Figura 69 – Schema diffusione carichi

Il momento minimo dato dall'effetto locale, invece, viene valutato come uno schema statico di trave perfettamente incastrata.

Considerati i maggiori volumi di getto in corrispondenza della trave centrale (31cm di cls) si fa riferimento al suddetto campo di verifica.

Si riporta di seguito la determinazione delle sollecitazioni flettenti e taglianti per entrambi gli schemi di carico nella condizione di schema in semplice appoggio (massimizzazione in mezzzeria) e schema incastrato (massimizzazione a momento negativo)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

Geometria												
Luce di calcolo	Lc =	1.20	m									
Spessore soletta	Sp _{sol} =	0.360	m									
Spessore pavimentazione	Sp _{pav} =	0.110	m									
Pesi unitari												
Peso cls soletta	q _{cls} =	25.0	kN/mc									
Peso pavimentazione	q _{pav} =	24.0	kN/mc									
Schema di carico 2 NTC 2018						Schema di carico 1 NTC 2018						
Carico impronta concentr.	q1 =	200.00	kN	Carico impronta concentr.		q1 =	150.00	kN				
Dim. trasv. impronta	l _{tr,i} =	0.60	m	Dim. trasv. impronta		l _{tr,i} =	0.40	m				
Dim. long. impronta	l _{ln,i} =	0.35	m	Dim. long. impronta		l _{ln,i} =	0.40	m				
Diffusione impronta a metà soletta						Diffusione impronta a metà soletta						
Diff. trasv. impronta	L _{tr,i} =	1.18	m	Diff. trasv. impronta		L _{tr,i} =	0.98	m				
Diff. long. impronta	L _{ln,i} =	1.53	m	Diff. long. impronta		L _{ln,i} =	1.58	m				
Area impronta su soletta	A _i =	1.81	m ²	Area impronta su soletta		A _i =	1.55	m ²				
Pressione impronta su soletta	Pr _{sol} =	110.78	kN/m ²	Pressione impronta su soletta		Pr _{sol} =	96.87	kN/m ²				
				Pressione carico unif. Distr			9.0	kN/m ²	Corsia 1			
Sollecitazioni SLU - Schema 2						Sollecitazioni SLU - Schema 1						
<u>Schema trave appoggiata</u>						<u>Sezione in mezzzeria</u>						
<u>Sezione in mezzzeria</u>	M ⁺	γ	M ⁺ _{Ed}									
	[kNm/m]		[kNm/m]									
Peso soletta	1.62	1.35	2.19	Peso soletta		1.62	1.35	2.19				
Pavimentazione	0.48	1.50	0.71	Pavimentazione		0.48	1.50	0.71				
Ruota di carico	19.93	1.35	26.91	Ruota di carico+distr		18.47	1.35	24.94				
Tot. Slu			29.81	Tot. Slu				27.84				
<u>Schema a trave incastrata</u>						<u>Sezione all'incastro</u>						
<u>Sezione all'incastro</u>	M ⁻	V	γ	M ⁻ _{Ed}	V _{Ed}							
	[kNm/m]	[kN/m]		[kNm/m]	[kN/m]							
Peso soletta	-1.08	5.40	1.35	-1.46	7.29	Peso soletta		-1.08	5.40	1.35	-1.46	7.29
Pavimentazione	-0.32	1.58	1.50	-0.48	2.38	Pavimentazione		-0.32	1.58	1.50	-0.48	2.38
Ruota di carico	-18.91	48.2	1.35	-25.53	65.05	Ruota di carico+distr		-16.33	62.65	1.35	-22.05	84.58
Tot. Slu				-27.46	74.71	Tot. Slu					-23.98	94.24

In sintesi, con riferimento ad una fascia di 1m di soletta risultano le seguenti sollecitazioni allo SLU:

Max M+: 29.81 kNm

Min M-: -27.46kNm

Max V: 94.24 kN

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

Verifica C.A. S.L.U. - File: Soletta M+ campo mezzeria

Titolo : _____

N° figure elementari: 1 N° strati barre: 2

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	36	1	5.65	4
			2	5.65	30

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N: Centro Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C C30/37

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} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² T_{co} 0.6933 T_{c1} 2.029

M_{xRd} 68.44 kNm
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 33.84 ‰
 d 30 cm
 x 2.812 x/d 0.09374
 δ 0.7

Metodo di calcolo: S.L.U. + Tipo flessione: Retta

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

Figura 70 – Verifica M+ soletta campo interno h sol max

Il valore del momento flettente resistente M_{Rd} è maggiore del momento agente M_{sd} ($29.81 < 68.44\text{kNm}$) → Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Soletta M+ campostandard

Titolo : _____

N° strati barre: 2

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	5.65	4
			2	5.65	20

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N: Centro Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C C30/37

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} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² T_{co} 0.6933 T_{c1} 2.029

M_{xRd} 46.33 kNm
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 21.38 ‰
 d 20 cm
 x 2.814 x/d 0.1407
 δ 0.7

Metodo di calcolo: S.L.U. + Tipo flessione: Retta

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

Figura 71 – Verifica M+ soletta campo interno h sol min

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001	REV B

Il valore del momento flettente resistente M_{rd} è maggiore del momento agente M_{sd} ($29.81 < 46.33\text{kNm}$) → Verifica soddisfatta.

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. Key sections include:

- Titolo:** [Empty field]
- N° figure elementari:** 1
- N° strati barre:** 2
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	25
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5.65	4
2	5.65	20
- Sollecitazioni:** S.L.U. / Metodo n
- P.to applicazione N:** Centro / Baricentro cls
- Materiali:** B450C, C30/37
- Material Properties:**
 - ϵ_{su} : 67.5 ‰
 - f_{yd} : 391.3 N/mm²
 - E_s : 200 000 N/mm²
 - E_s/E_c : 15
 - ϵ_{syd} : 1.957 ‰
 - $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm²
 - ϵ_{c2} : 2 ‰
 - ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 - f_{cd} : 17
 - f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 - $\sigma_{c,adm}$: 11.5
 - T_{co} : 0.6933
 - T_{c1} : 2.029
- Calculation Parameters:**
 - M_{xRd} : -51.56 kNm
 - σ_c : -17 N/mm²
 - σ_s : 391.3 N/mm²
 - ϵ_c : 3.5 ‰
 - ϵ_s : 19.41 ‰
 - d: 21 cm
 - x: 3.208, x/d: 0.1528
 - δ : 0.7
- Section Type:** Rettan.re
- Method of Calculation:** S.L.U. + Metodo n
- Typo flessione:** Retta
- Buttons:** Calcola MRd, Dominio M-N, M-curvatura, Precompresso

Figura 72 – Verifica M- soletta campo interno h sol min

Il valore del momento flettente resistente M_{rd} è maggiore del momento agente M_{sd} ($27.46 < 51.56\text{kNm}$) → Verifica soddisfatta.

Con riferimento alle azioni taglianti la verifica è svolta secondo le formulazioni delle NTC '08 per elementi non armati a taglio considerando la sola resistenza del calcestruzzo e delle armature tese di soletta considerando l'altezza totale della sezione di 25cm.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

SEZIONE			
D_w	=	100	cm
h	=	25	cm
c	=	3	cm
d	=	$h-c$	= 22 cm
MATERIALI			
f_{ywd}	=	391.30	MPa
R_{ck}	=	40.00	MPa
γ_c	=	1.5	
f_{ck}	=	$0.83 \times R_{ck}$	= 33.20 MPa
f_{ed}	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	= 18.81 MPa
ARMATURE LONGITUDINALI			
\varnothing	=	12	
Numero	=	5	
A_{sl}	=	5.65	cm ²
TAGLIO AGENTE		$V_{Ed} =$	0 (KN)
SFORZO NORMALE		$N_{Ed} =$	0 (KN)
ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO			
k	=	1.95	$1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$
v_{min}	=	0.551	$0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$
ρ_l	=	0.0026	
α_{cp}	=	0.0	(Mpa)
V_{Rd}	=	105.39 (KN)	NO 121.1 (KN)
V_{Rd}	=	121.13 (KN)	
α_c	=	1.00	$N_{ed}/A_{c=} = 0.0000$ (Mpa)

Figura 73 – Taglio resistente soletta

Il valore del taglio resistente V_{rd} è maggiore del taglio agente V_{sd} ($94.2 < 121\text{kN}$) → Verifica soddisfatta.

Si riportano di seguito le verifiche tensionali per le combinazioni di carico previste.

Sollecitazioni SLE - Schema 2							
Sezione in mezzzeria	M^+ [kNm/m]	Combin. Rara		Comb. Frequente		Comb. Q.P.	
		γ	M^+_{Ed} [kNm/m]	γ	M^+_{Ed} [kNm/m]	γ	M^+_{Ed} [kNm/m]
Peso soletta	1.62	1.00	1.62	1.00	1.62	1.00	1.62
Pavimentazione	0.48	1.00	0.48	1.00	0.48	1.00	0.48
Ruota di carico	19.93	1.00	19.93	0.75	14.95	0.00	0.00
Tot. Sle			22.03		17.05		2.10
Sezione all'incastro	M^- [kNm/m]	Combin. Rara		Comb. Frequente		Comb. Q.P.	
		γ	M^-_{Ed} [kNm/m]	γ	M^-_{Ed} [kNm/m]	γ	M^-_{Ed} [kNm/m]
Peso soletta	-1.08	1.00	-1.08	1.00	-1.08	1.00	-1.08
Pavimentazione	-0.32	1.00	-0.32	1.00	-0.32	1.00	-0.32
Ruota di carico	-18.91	1.00	-18.91	0.75	-14.18	0.00	0.00
Tot. Sle			-20.31		-15.58		-1.40

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

Sollecitazioni SLE - Schema 1							
Sezione in mezzeria		Combin. Rara		Comb. Frequente		Comb. Q.P.	
	M ⁺	γ	M ⁺ _{Ed}	γ	M ⁺ _{Ed}	γ	M ⁺ _{Ed}
	[kNm/m]		[kNm/m]		[kNm/m]		[kNm/m]
Peso soletta	1.62	1.00	1.62	1.00	1.62	1.00	1.62
Pavimentazione	0.48	1.00	0.48	1.00	0.48	1.00	0.48
Ruota di carico	18.47	1.00	18.47	0.75	13.85	0.00	0.00
Tot. Sle			20.57		15.95		2.10

Sezione all'incastro		Combin. Rara		Comb. Frequente		Comb. Q.P.	
	M	γ	M _{Ed}	γ	M _{Ed}	γ	M _{Ed}
	[kNm/m]		[kNm/m]		[kNm/m]		[kNm/m]
Peso soletta	-1.08	1.00	-1.08	1.00	-1.08	1.00	-1.08
Pavimentazione	-0.32	1.00	-0.32	1.00	-0.32	1.00	-0.32
Ruota di carico	-16.33	1.00	-16.33	0.75	-12.25	0.00	0.00
Tot. Sle			-17.73		-13.65		-1.40

Le verifiche sono svolte per il peggiore dei 2 schemi considerati:

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. Key parameters and results are as follows:

- Materials:** B450C (f_{yk} = 67.5%, f_{yk} = 391.3 N/mm², E_s = 200 000 N/mm²), C30/37 (ε_{c2} = 2%, ε_{cu} = 3.5%, f_{cd} = 17, E_s/E_c = 15, f_{co}/f_{cd} = 0.8, σ_{c,adm} = 11.5, τ_{co} = 0.6933, τ_{c1} = 2.029).
- Design Parameters:** σ_c = -4.05 N/mm², σ_s = 186.7 N/mm², ε_s = 0.9333%, d = 21 cm, x = 5.156, x/d = 0.2455, ρ = 0.7469.
- Verification:** A 'Verifica' button is present, and 'N° iterazioni: 5' is displayed.

Figura 74 – Verifica tensionale in combinazione rara

Risulta:

$$\sigma_{cmax} = 4.05 \text{ Mpa} < 0.6 f_{ck} \rightarrow 4.05 < 19.82 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

$$\sigma_{smax} = 186 \text{ Mpa} < \sigma_{srara} \rightarrow 186 < 360 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

Max M+: 42.98 kNm
 Min M-: -38.96kNm
 Max V: 128.75 kN

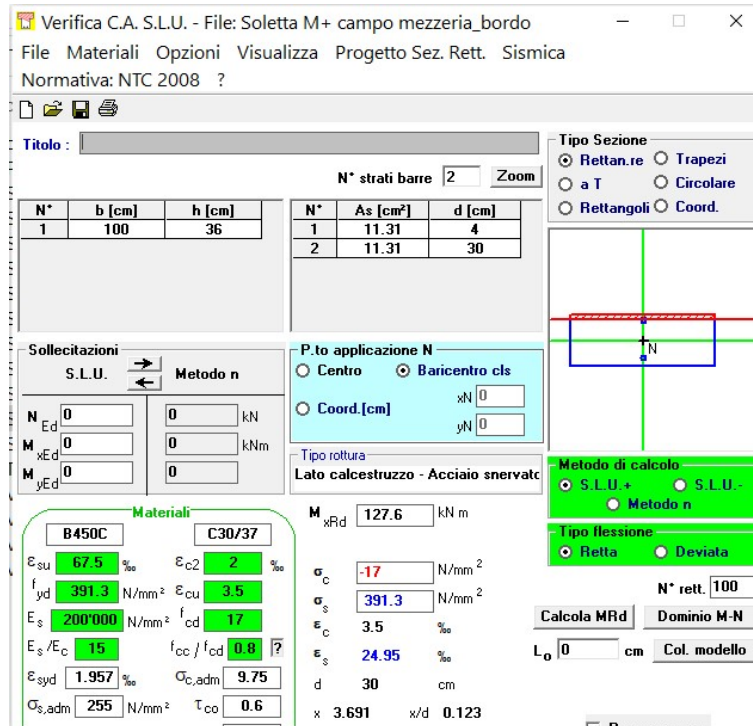
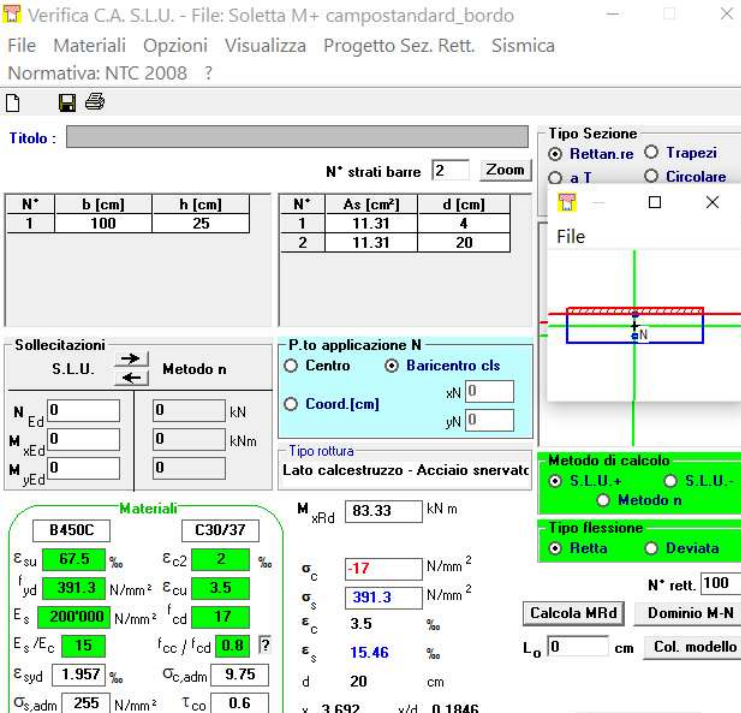


Figura 76 – Verifica M+ soletta campo interno bordo h sol max

Il valore del momento flettente resistente M_{rd} è maggiore del momento agente M_{sd} ($42.98 < 127.6\text{kNm}$) → Verifica soddisfatta.

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001	REV B



Verifica C.A. S.L.U. - File: Soletta M+ campostandard_bordo

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

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	11.31	4
			2	11.31	20

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 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

M_{xRd} 83.33 kN m

Materiali

B450C C30/37

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} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75 N/mm²
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6

σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 15.46 ‰
 d 20 cm
 x 3.692 x/d 0.1846

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

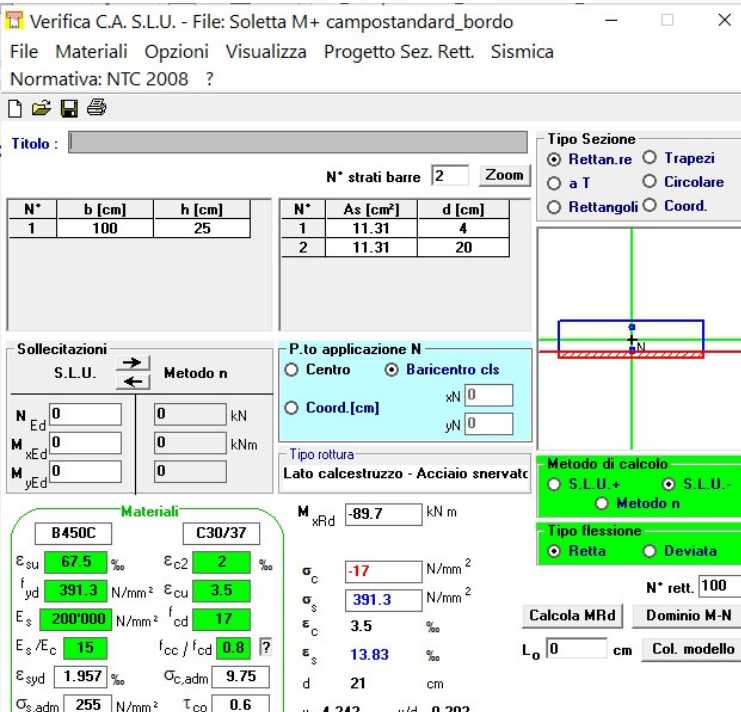
Metodo di calcolo
 S.L.U. + S.L.U. -
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

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

Figura 77 – Verifica M+ soletta campo interno bordo h sol min

Il valore del momento flettente resistente M_{Rd} è maggiore del momento agente M_{sd} ($42.98 < 83.33\text{kNm}$) → Verifica soddisfatta.



Verifica C.A. S.L.U. - File: Soletta M+ campostandard_bordo

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

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	11.31	4
			2	11.31	20

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 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

M_{xRd} -89.7 kN m

Materiali

B450C C30/37

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} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75 N/mm²
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6

σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 13.83 ‰
 d 21 cm
 x 4.242 x/d 0.202

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

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

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

Figura 78 – Verifica M- soletta campo interno h sol min

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	135

Il valore del momento flettente resistente M_{rd} è maggiore del momento agente M_{sd} ($38.96 < 89.7\text{kNm}$) → Verifica soddisfatta.

Con riferimento alle azioni taglianti la verifica è svolta secondo le formulazioni delle NTC '08 per elementi non armati a taglio considerando la sola resistenza del calcestruzzo e delle armature tese di soletta considerando l'altezza totale della sezione di 25cm.

SEZIONE					
b_w	=	100	cm		
h	=	25	cm		
c	=	3	cm		
d	=	$h-c$	=	22	cm
MATERIALI					
f_{ywd}	=	391.30	MPa		
R_{ck}	=	40.00	MPa		
γ_c	=	1.5			
f_{ck}	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	33.20	MPa
f_{cd}	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	18.81	MPa
ARMATURE LONGITUDINALI					
\varnothing_l	=	12			
Numero	=	10			
A_{sl}	=	11.31	cm ²		
TAGLIO AGENTE		$V_{Ed} =$	0	(KN)	
SFORZO NORMALE		$N_{Ed} =$	0	(KN)	
ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO					
k	=	1.95	$1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		
v_{min}	=	0.551	$0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{-1/2}$		
ρ_l	=	0.0051			
σ_{cp}	=	0.0	(Mpa)		
V_{Rd}	=	132.78	(KN)	>= OK	121.1 (KN)
V_{Rd}	=	132.78	(KN)		
$\alpha_c =$		1.00			$N_{ed}/A_c = 0.0000$ (Mpa)

Figura 79 – Taglio resistente soletta

Il valore del taglio resistente V_{rd} è maggiore del taglio agente V_{sd} ($129 < 133\text{kN}$) → Verifica soddisfatta.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	136

18.4 SBALZO

Per la verifica sullo sbalzo laterale si considerano lo schema di trave incastrata in corrispondenza del filo dell'ala superiore della trave di bordo. Luce di calcolo 1.40m

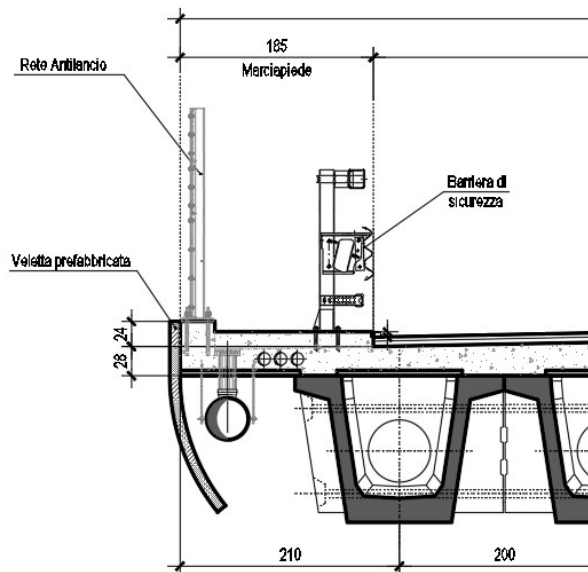


Figura 80 – Geometria sbalzo

Per i pesi propri G1 e G2 si ottengono i seguenti valori caratteristici delle azioni

Carichi Permanenti							Sollec. Caratt. su Sez. di Verifica		
Elemento	γ [kN/mc]	Lungh.tv [m]	H _{med.} [m]	P _{uni} [kN/m]	X _G dal bordo [m]	d _{sez,ver} [m]	V [KN]	M [KN m]	N [KN]
Soletta	25.0	1.400	0.270	9.45	0.700	0.700	9.45	-6.62	0
Cordolo	25.0	1.850	0.15	6.94	0.925	0.475	6.94	-3.30	0
Paviment.	0.0	-0.450	0.11	0.00	1.625	-0.225	0.00	0.00	0
Cordolo P		0.33	0.1	0.03	0.165	1.235	0.83	-1.02	0
Parapetto	-	-	-	1.50	0.100	1.300	1.50	-1.95	0
Veletta	-	-	-	4.74	0.000	1.400	4.74	-6.64	0
Collettore	-	-	-	2.50	0.400	1.000	2.50	-2.50	0

In ragione della geometria dell'impalcato si può assumere che l'urto del veicolo in svio non interessi lo sbalzo laterale. Si applica solo l'azione della folla distribuita su tutta la luce.

Carichi Accidentali - Sezione Corrente							Sollec. Caratt. su Sez. di Verifica		
		Ang. diff. [°]	dist. Inc. [m]	diff.TV [m]	Rapp. [-]	Forza [KN]	V [KN]	M [KN m]	N [KN]
Q ₁	Folla		0.450				7.50	-3.38	0

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001	REV B

In combinazione SLU Si ottengono i seguenti valori di sollecitazione

	V [KN]	M [KNm]	N [KN]
SLU	37.11	-34.31	0.00

In combinazione SLE Si ottengono i seguenti valori di sollecitazione

	V [KN]	M [KNm]	N [KN]
Rara-Sch1	29.70	-23.70	0.00
Freq.-Sch1	25.95	-22.02	0.00
Q.P.	25.95	-22.02	0.00

Si dispone armatura trasversale costituita da $\varnothing 12/20$ cm in zona tesa ed in zona compressa.

Figura 81 – Verifica a momento negativo sezione incastro sbalzo

Il valore del momento flettente resistente M_{rd} è maggiore del momento agente M_{sd} ($34.31 < 51.56$ kNm) → Verifica soddisfatta.

Con riferimento alle azioni taglianti la verifica è svolta secondo le formulazioni delle NTC '08 per elementi non armati a taglio considerando la sola resistenza del calcestruzzo e delle armature tese di soletta

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

considerando l'altezza totale della sezione di 25cm. A vantaggio di sicurezza si considerano solo le armature trasversali correnti (senza raddoppio)

SEZIONE					
b_w	=	100	cm		
h	=	25	cm		
c	=	3	cm		
d	=	$h-c$	=	22	cm
MATERIALI					
f_{ywd}	=	391.30	MPa		
R_{ck}	=	40.00	MPa		
γ_c	=	1.5			
f_{ck}	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	33.20	MPa
f_{cd}	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	18.81	MPa
ARMATURE LONGITUDINALI					
\varnothing	=	12			
Numero	=	5			
A_{sl}	=	5.65	cm ²		
TAGLIO AGENTE		$V_{Ed} =$	0	(KN)	
SFORZO NORMALE		$N_{Ed} =$	0	(KN)	
ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO					
k	=	1.95	$1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		
v_{min}	=	0.551	$0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ct}^{1/2}$		
ρ_l	=	0.0026			
σ_{cp}	=	0.0	(Mpa)		
V_{Rd}	=	105.39	(KN)	NO	121.1 (KN)
V_{Rd}	=	121.13	(KN)		
α_c	=	1.00		$N_{ed}/A_{c=}$	0.0000 (Mpa)

Figura 82 – Taglio resistente soletta

Il valore del taglio resistente V_{rd} è maggiore del taglio agente V_{sd} ($37.11 < 121kN$) → Verifica soddisfatta

Con riferimento alle verifiche SLE si ha:

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001	REV B

Verifica C.A. S.L.U. - File: Soletta M- sbalzo_tensioni

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo : _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	11.31	4
			2	5.65	20

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	0	0	kN
M _{xEd}	0	-23.70	kNm
M _{yEd}	0	0	

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

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

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Materiali

B450C		C30/37	
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}	17
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8
ε _{syd}	1.957 ‰	σ _{c,adm}	11.5
σ _{s,adm}	255 N/mm²	T _{co}	0.6933
		T _{cl}	2.029

σ_c -3.553 N/mm²
σ_s 112.7 N/mm²
ε_s 0.5637 ‰
d 21 cm
x 6.74 x/d 0.321
δ 0.8412

Figura 83 – Verifica tensionale in combinazione rara

Risulta:

$$\sigma_{cmax} = 3.55 \text{ Mpa} < 0.6 f_{ck} \rightarrow 3.55 < 19.82 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

$$\sigma_{smax} = 113 \text{ Mpa} < \sigma_{srara} \rightarrow 113 < 360 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001	REV B

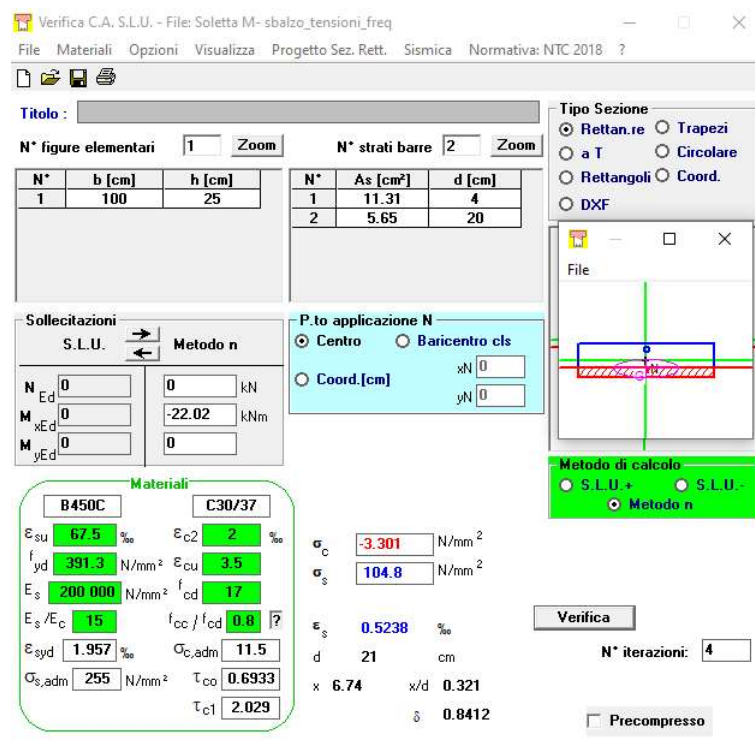


Figura 84 – Verifica tensionale in combinazione quasi permanente

Risulta:

$$\sigma_{cmax} = 3.3 \text{ Mpa} < 0.45 f_{ck} \rightarrow 3.3 < 14.94 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

$$\sigma_{smax} = 104.8 \text{ Mpa} < \sigma_{srara} \rightarrow 12.87 < 360 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

18.5 VERIFICA AZIONE ECCEZIONALE – URTO DEL VEICOLO IN SVIO

18.5.1 Verifica locale del cordolo per azioni d'urto

In questo paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dalle verifiche locali dei cordoli che ospitano le barriere di sicurezza. Le azioni di progetto sono state definite secondo le indicazioni del paragrafo 3.6.3.3.2 delle NTC08. Il carico di progetto è costituito da una forza orizzontale di $F=100 \text{ kN}$, applicata alla quota minima fra 1,0 m sopra il piano di marcia e 100 mm sotto la sommità della barriera.

Nel caso in esame si assume che la forza agisca ad una distanza $d=0.90 \text{ m}$ dalla base della barriera. Lo spessore della soletta è pari ad $s=0.2\text{m}$, quello del cordolo a 0.42 m per cui l'estradosso del cordolo si trova ad una distanza sopra l'estradosso di soletta pari a $c=0.15 \text{ m}$.

Per effetto della forza F , in corrispondenza della sezione di interfaccia cordolo - soletta, si avranno le seguenti sollecitazioni taglianti e flettenti:

- $F = 100 \text{ kN}$
- $M = F \cdot h = 105 \text{ kNm}$

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	141

18.5.1.9 Verifica a ribaltamento cordolo

Cautelativamente, si assume che il momento flettente sia assorbito mediante un meccanismo puntone-tirante a cui concorrono le staffe (tirante) del cordolo ed il calcestruzzo (puntone).

Il cordolo ha una larghezza di 185cm e su di esso viene fissata la barriera guard rail. È armato con $\phi 12$ longitudinali, staffe di estremità $\phi 16/20$ cm a 2 bracci e spilli di connessione tra il getto della soletta (1° fase) e il cordolo (2° fase) $\phi 10/20 \times 20$ cm

Con riferimento ad una porzione di cordolo larga 80cm (si considera diffusione a 45° fino al piano medio della soletta), si verifica che il momento ribaltante esterno sia minore del momento resistente calcolato con riferimento al suddetto meccanismo.

Si considerano solo le barre immediatamente al di sotto della piastra di ancoraggio della barriera (2 barre $\phi 10$ passo 20cm) per un totale di 8 bracci ricadenti negli 80cm considerati) e risulta:

$$T^*b = A_f \cdot \sigma_f \cdot b = 8 \cdot 78.5 \cdot 391.3 \cdot 1.22 = 299 \text{ kNm} > F \cdot h = 105 \text{ kNm} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

Si effettua la verifica a taglio (all'interfaccia getto soletta – getto cordolo) considerando i (restanti) bracci delle staffe che risultano non impegnati dalla flessione.

18.5.1.10 Verifica a taglio scorrimento (connessione cordolo soletta)

Si effettua la verifica a taglio (all'interfaccia getto soletta – getto cordolo). Cautelativamente si trascura la resistenza a taglio del cls all'interfaccia getto cordolo – soletta.

Considerando una diffusione delle sollecitazioni nel piano verticale fino all'interfaccia cordolo soletta, si considera una porzione di cordolo larga 80cm si ha: ($6 \times 4 \phi 10$)

$$V_{Rsd} = (A_f \cdot f_{yd}) / \text{radq}(3) = 24 \times 78.5 \times 391.3 / \text{radq}(3) = 425 \text{ kN} > F = 100 \text{ kN} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

18.5.1.11 Verifica della soletta

Il momento sollecitante a quota piano medio della soletta, che nasce in caso di urto di un veicolo sulla barriera, vale:

$$\Delta M = F \cdot d = F \cdot 1.05 = 105.0 \text{ kNm}$$

Tali sollecitazioni si applicano ipotizzando una diffusione a 45° al piano medio della soletta. La larghezza collaborante nel meccanismo di tenso-flessione vale pertanto:

$$B = 0.8 \text{ m}$$

La variazione di momento calcolata va a sommarsi al momento dovuto ai carichi permanenti che con coefficienti unitati (in combinazione eccezionale) risulta pari a:

$$M = -22.02 \text{ kNm}$$

Pertanto, in corrispondenza del punto di fissaggio della barriera in combinazione eccezionale dei carichi risulta il seguente valore del momento flettente:

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001	REV B

$$M_{tot,ecc} = -105 -22.02 = 127.02\text{kNm}$$

La sezione in corrispondenza della barriera, trascurando la presenza del martello superiore della trave, risulta avere le seguenti caratteristiche geometriche e quantitativi di armatura:

- B= 0.8m
- H = 0.415m
- Af' = 8φ16 (d = 4cm)
- Af = 4φ12 (d = 20cm)
- Af = 4φ12 (d = 30cm)

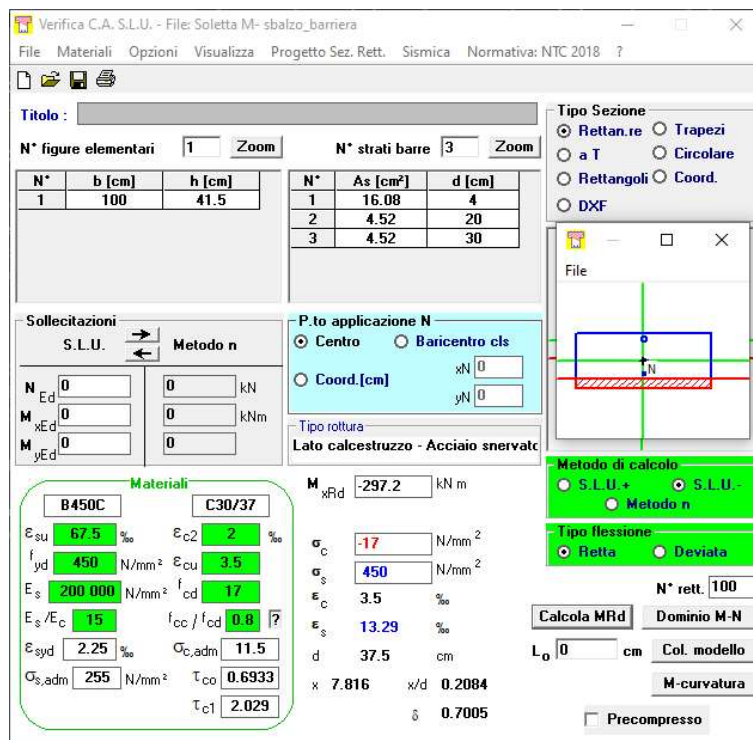


Figura 85 – Verifica soletta “sotto barriera” per combinazione eccezionale

Il valore del momento flettente resistente M_{rd} è maggiore del momento agente M_{sd} ($127 < 297\text{kNm}$) → Verifica soddisfatta.

Si verifica altresì la soletta in corrispondenza dell'attacco cordolo – soletta.

Il punto medio di fissaggio barriera dista 40cm dalla sezione di verifica.

Considerando la precedente diffusione verticale delle sollecitazioni (80cm), e considerando una diffusione a 45° nel piano orizzontale della soletta si ha una larghezza di verifica pari a $(80+40+40) = 160\text{cm}$.

Trasversalmente la soletta è da intendersi come trave continua con sbalzo su più appoggi. Si assume cautelativamente che il momento flettente in corrispondenza del secondo appoggio (rappresentato dalla seconda anima della trave di bordo) sia pari a 0 (in teoria assumerebbe un valore positivo).

La distanza tra gli appoggi teorici della soletta (rappresentati dai martelli della trave) risulta essere pari a 1.25m.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

La sezione di verifica dista 40cm dal punto di momento flettente maggiore (in corrispondenza asse barriera). Variando linearmente il momento flettente, si assume nella sezione di verifica un momento flettente pari al 70% (0.4/125) del momento calcolato (127kNm).

Risulta $M_{sd,ecc} = 88.9$ kNm

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. Key sections include:

- Titolo:** [Empty field]
- N° figure elementari:** 1 (Zoom)
- N° strati barre:** 2 (Zoom)
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	160	28
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	9.05	4
2	9.05	23
- Sollecitazioni:** S.L.U. / Metodo n
- Materiali:**
 - B450C: $E_{su} = 67.5$ %, $f_{yd} = 450$ N/mm², $E_s = 200\,000$ N/mm², $E_s/E_c = 15$, $\epsilon_{syd} = 2.25$ %, $\sigma_{s,adm} = 255$ N/mm²
 - C30/37: $\epsilon_{c2} = 2$ %, $\epsilon_{cu} = 3.5$, $f_{cd} = 17$, $f_{cc}/f_{cd} = 0.8$, $\sigma_{c,adm} = 11.5$, $\tau_{co} = 0.6933$, $\tau_{c1} = 2.029$
- P.to applicazione N:** Centro (selected), Baricentro cls, Coord.[cm] (xN, yN)
- Tipo rottura:** Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
- Metodo di calcolo:** S.L.U. + (selected), S.L.U. -, Metodo n
- Tipo flessione:** Retta (selected), Deviata
- N° rett.:** 100
- Calcola MRd / Dominio M-N** buttons
- L_o:** 0 cm, **Col. modello** button
- M-curvatura** button
- Precompresso** checkbox (unchecked)

Figura 86 – Verifica soletta interfaccia cordolo per combinazione eccezionale

Il valore del momento flettente resistente M_{rd} è maggiore del momento agente M_{sd} ($88.9 < 104$ kNm) → Verifica soddisfatta.

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	144

18.6 SBALZO LONGITUDINALE SU PILA

Si considera la presenza di impronta schema di carico 2 di dimensioni 0.35x0.6m, disposta secondo quanto previsto dalle vigenti NTC.

L'impronta è posizionata a filo soletta, e il suo baricentro dista 0.375m dall'asse sbalzo.

Si considera, coerentemente con le indicazioni delle NTC una diffusione del carico a45° nel piano della soletta sia in senso trasversale (diffusione piena) che in senso longitudinale (diffusione solo lato asse sbalzo).

Lo sbalzo longitudinale ha una luce pari a 55cm. Cautelativamente si fa riferimento all'altezza minore di soletta che risulta essere pari a 27cm.

Risultano le seguenti impronte diffuse:

$$L_{\text{trasv.}}: 0.6 + 2S_p + S_{\text{sol}} = 0.6 + 0.22 + 0.27 = 1.09\text{m}$$

$$L_{\text{long.}}: 0.35 + S_p + 0.5 S_{\text{sol}} = 0.35 + 0.11 + 0.135 = 0.60\text{m}$$

L'azione di carico schema 2 risulta diffusa quindi su una superficie pari a $1.09 \times 0.6 = 0.65\text{m}^2$

A seguito della diffusione, il baricentro di applicazione della forza risulta posizionato a 0.28m dalla sezione di incastro.

Allo SLU risultano i seguenti valori di momento e taglio relativi ai G1 e ai G2.

Peso proprio:

$$M_{\text{pp}} = 25 \times 0.55 \times 0.55 / 2 = -1.05 \rightarrow -1.38 \text{ kNm (SLU)}$$

$$V_{\text{pp}} = 25 \times 0.25 \times 0.55 = 3.43 \rightarrow 4.64 \text{ kN}$$

Pavimentazione

$$M_{\text{pav}} = 24 \times 0.11 \times 0.55 \times 0.55 / 2 = -0.39 \rightarrow -0.6 \text{ kNm (SLU)}$$

$$V_{\text{pav}} = 24 \times 0.11 \times 0.55 = 1.45 \rightarrow 2.18 \text{ kN}$$

In virtù della geometria dello sbalzo, è lecito considerare uno schema tirante puntone a mensola tozza per la verifica dello sbalzo.

L'azione di calcolo è rappresentata dai tagli dei carichi G1+G2 (6.82 kN) e dall'azione dell'impronta diffusa trasversalmente pari a 182 kN caratteristici e 245kN allo SLU.

Risulta pertanto $N = 245 + 6.82 = 252 \text{ kN}$.

La verifica è riportata di seguito in forma tabellare.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HY pro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IV 03 08			PROGR 001

Materiali					
cls	classe				
	$f_{cd} =$	18,81	MPa		
acciaio	$f_{yd} =$	391,30	MPa		
Geometria					
altezza	H =	0,27	m		
copriferro	c =	0,04	m		
alt. utile	d =	0,23	m		
dist. parete	a =	0,28	m		
l. mens.	l =	0,33	m		
Largh.	b =	1,10	m		
tan ψ	tan $\psi =$	0,706			
	$\lambda =$	1,417			
Armatura					
Presenza di staffe? y/n			n		
	c =	1			
		Primo strato		Secondo strato	
numero ferri		11,0			
diametro		12	mm	20	mm
area		12,44	cmq	0,00	cmq
Area Tot.		12,44	cmq		
Carichi applicati					
Carico verticale	$P_{Ed} =$	252,0	kN		
Carico Orizzontale	$H_{Ed} =$	0,0	kN		
Carico Armatura	$R_{S_{Ed}} =$	357	kN		
Carico Biella cls	$R_{c_{Ed}} =$	437	kN		
Resistenza Ultima dell'acciaio					
	$P_{rs} =$	343	kN	$P_{rs} / P_{Ed} =$	1,36
Resistenza Ultima della biella di cls					
	$P_{rc} =$	633	kN	$P_{rc} / R_{c_{Ed}} =$	1,45

Figura 87 – Mensola tozza sbalzo longitudinale

La verifica risulta soddisfatta.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	146

19. GIUNTI DI DILATAZIONE

In riferimento ad un $\Delta t_{unif} = \pm 30 \text{ } ^\circ\text{C}$ e ad un coefficiente di dilatazione termica $\alpha t = 10 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, per una lunghezza dell'impalcato di 25.00 m risulta un movimento del giunto pari a:

$$\delta = 10 \cdot 10^{-6} \cdot (\pm 30) \cdot 25.00 = \pm 7.5 \text{ mm}$$

Tuttavia, la condizione dimensionante per il giunto e, soprattutto, per i varchi in corrispondenza dei giunti intermedi risulta l'oscillazione in controfase di campate adiacenti in condizioni sismiche.

La massima traslazione longitudinale in condizioni sismiche, per la singola pila/campata è pari a 60mm; quindi, raddoppiando tale spostamento (oscillazioni in controfase) si ha che i giunti devono essere in grado di sopportare i seguenti spostamenti di progetto:

Giunti su pila:

- Spostamenti trasversali: $\delta y = \pm 5 \text{ mm}$
- Spostamenti longitudinali: $\delta y = \pm 120 \text{ mm}$

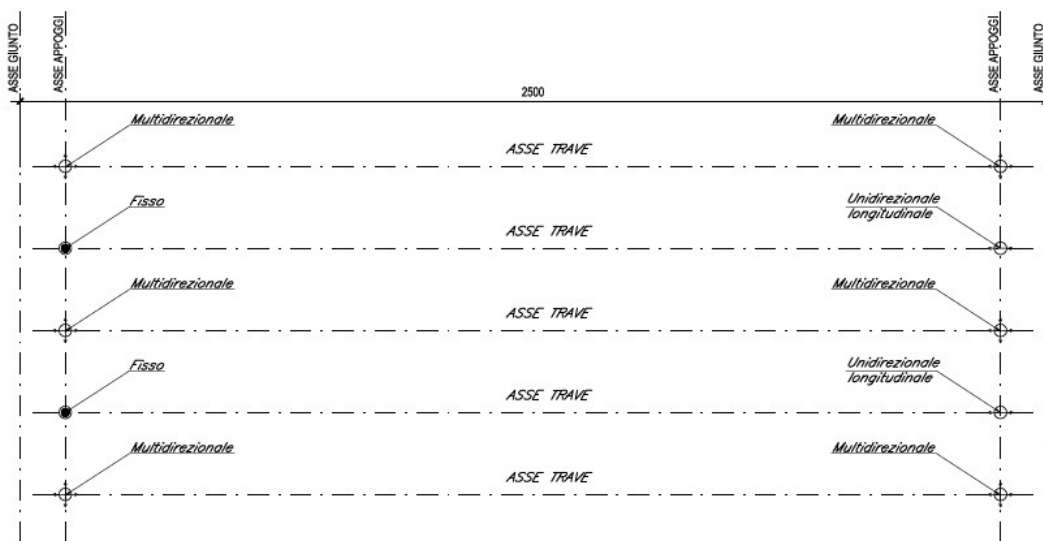
Giunti di spalla: (in virtù della elevata rigidità delle spalle si considerano i soli spostamenti delle pile)

- Spostamenti trasversali: $\delta y = \pm 5 \text{ mm}$
- Spostamenti longitudinali: $\delta y = \pm 60 \text{ mm}$

Per il corretto montaggio e funzionamento dei giunti è necessario garantire su pila un varco di almeno 140mm mentre su spalla è sufficiente un varco da 100mm.

20. APPOGGI

I dispositivi di appoggio sono costituiti da appoggi sferici fissi, uni-direzionali e multi-direzionali disposti secondo lo schema seguente:



In base ai risultati dell'analisi strutturale si ricavano le prestazioni che gli appoggi devono garantire, sia in termini di carichi di progetto che di spostamenti. I dati di progetto degli appoggi sono riportati nella tabella seguente:

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV03 - Relazione di calcolo dell'impalcato				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	03	08	001	B	147

	N SLU max	N SLE	V long SLU	V trasv SLU	δ long SLU	δ trasv SLU	α long SLU	N SLV	V long SLV	V trasv SLV	δ long SLV	δ trasv SLV
	kN	kN	kN	kN	mm	mm	rad	kN	kN	kN	mm	mm
UNI-Long	1700	1250	-	180	+/-14	-	0.01	920	-	1770	+/-120	-
MULTI	1900	1350	-	-	+/-14	+/-5	0.01	2067 (-440)	-	-	+/-120	+/-5
FISSI	1700	1250	450	180	-	-	0.01	920	2800	1770	-	-

Le azioni di compressione sugli appoggi sono indicate con valori positive invece le trazioni, presenti solo sugli appoggi multidirezionali di bordo in condizioni sismiche, sono indicate con valori negativi.

Le azioni e gli spostamenti dei dispositivi di appoggio in condizioni sismiche sono ricavate dalle analisi dinamiche effettuate considerando lo spettro di risposta elastico ($q=1$).