

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0507 001</td> <td>B</td> <td>2 di 105</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	2 di 105
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	2 di 105								

Indice

1	PREMESSA	6
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	7
2.1	NORMATIVE.....	7
2.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO	8
3	MATERIALI.....	9
3.1	CALCESTRUZZO PER TRAVI IN C.A.P. E TRASVERSI	9
3.2	CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA IMPALCATO E PREDALLES.....	10
3.3	ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA.....	11
3.4	ACCIAIO PER C.A.P.	11
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	12
5	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA	13
6	ANALISI DEI CARICHI	16
6.1	PERMANENTI STRUTTURALI (G1)	16
6.1.1	ELEMENTI PREFABBRICATI	16
6.1.2	ELEMENTI GETTATI IN OPERA	16
6.2	PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2)	17
6.2.1	MASSICCIA, ARMAMENTO E IMPERMEABILIZZAZIONE	17
6.2.2	BARRIERE ANTIRUMORE.....	17
6.2.3	CANALETTE IMPIANTI E IMPIANTI	17
6.2.4	VELETTE	17
6.3	CARICHI DA TRAFFICO	18
6.3.1	CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO (Q11)	18
6.3.2	CARICHI SUI MARCIAPIEDI	21
6.3.3	FORZA CENTRIFUGA	21
6.3.4	SERPEGGIO	22
6.3.5	AZIONI DI AVVIAMENTO E FRENATURA	22
6.3.6	DERAGLIAMENTO	23
6.3.7	INCREMENTO DINAMICO	24
6.4	CARICHI VARIABILI (Q5)	25
6.4.1	AZIONI DEL VENTO (Q5.1).....	25

6.4.2	AZIONI TERMICHE (Q5.2).....	28
6.4.3	AZIONI DA NEVE (Q5.3).....	29
6.5	AZIONI INDIRETTE (Q6)	30
6.5.1	RESISTENZE PARASSITE NEI VINCOLI (Q6.1).....	30
6.5.2	RITIRO E VISCOSITÀ (Q6.2).....	32
6.6	AZIONI SISMICHE (E)	36
6.6.1	VALUTAZIONE DELL’AZIONE SISMICA PER VN=75 ANNI E CU=1.5.....	36
6.6.2	VALUTAZIONE DELL’AZIONE SISMICA PER VN=100 ANNI E CU=2.0.....	38
7	FASI COSTRUTTIVE E MODELLAZIONE	40
7.1	MODELLAZIONE: GENERALITÀ.....	41
7.1.1	MODELLO FASE 0	41
7.1.2	MODELLO FASE 1	41
7.1.3	MODELLO FASE 2	42
7.1.4	MODELLO FASE 3	44
7.2	ANALISI MODALE	45
7.3	COMBINAZIONI DI CARICO.....	48
8	EFFETTI GLOBALI SU IMPALCATO – VERIFICHE TENSIONALI AGLI SLE	51
8.1	SOLLECITAZIONI	52
8.1.1	FASE 0 – CONDIZIONE A VUOTO	52
8.1.2	FASE 1 – GETTO DELLA SOLETTA	52
8.1.3	FASE 2 – CARICHI PERMANENTI	52
8.1.4	FASE 3 - CONDIZIONE DI SERVIZIO	53
8.2	VERIFICHE TENSIONALI	55
8.2.1	MATERIALI	55
8.2.2	MASCHERA PRECOMPRESSIONE	58
8.2.3	CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI.....	60
8.2.4	FASE 0	60
8.2.5	FASE 1	61
8.2.6	FASE 2	65
8.2.7	FASE 3	68
8.3	VERIFICHE A FESSURAZIONE	70
9	EFFETTI GLOBALI SU IMPALCATO – VERIFICHE AGLI SLU	71
9.1	SOLLECITAZIONI A PRESSOFLESSIONE	71
9.1.1	FASE 1 – PESO PROPRIO E GETTO DELLA SOLETTA.....	71

9.1.2	FASE 2 E 3 – CARICHI PERMANENTI PORTATI E DI ESERCIZIO	71
9.2	VERIFICHE DI RESISTENZA.....	72
9.2.1	VERIFICA A PRESSOFLESSIONE	72
9.3	SOLLECITAZIONI A TAGLIO	74
9.3.1	FASE 1 – PESO PROPRIO E GETTO DELLA SOLETTA.....	74
9.3.2	FASE 2 E 3 – CARICHI PERMANENTI PORTATI E DI ESERCIZIO	74
9.4	SOLLECITAZIONI DI TORSIONE	74
9.5	VERIFICHE DI RESISTENZA.....	75
9.5.1	VERIFICA A TAGLIO	75
9.5.2	VERIFICA A TORSIONE.....	76
9.5.3	VERIFICA A TAGLIO-TORSIONE.....	77
10	TRASVERSI – VERIFICHE TENSIONALI AGLI SLE.....	78
10.1.1	VERIFICA TRASVERSO T=0	80
10.1.2	PERDITE DI PRECOMPRESSIONE.....	81
10.1.3	VERIFICA TRASVERSO T=INFINITO.....	83
11	EFFETTI LOCALI SULL’IMPALCATO – MODELLO TRASVERSALE.....	86
11.1	ANALISI DEI CARICHI	86
11.1.1	PESO PROPRIO (G1)	86
11.1.2	MASSICCIATA, ARMAMENTO E IMPERMEABILIZZAZIONE	86
11.1.3	BARRIERE ANTIRUMORE.....	86
11.1.4	CANALETTE IMPIANTI E IMPIANTI.....	86
11.1.5	CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO	87
11.1.6	CARICHI SUI MARCIAPIEDI	88
11.1.7	FORZA CENTRIFUGA	88
11.1.8	SERPEGGIO	88
11.1.9	AVVIAMENTO E FRENATURA	88
11.1.10	AZIONI DINAMICHE	89
11.1.11	AZIONI DOVUTE AL DERAGLIAMENTO	89
11.1.12	AZIONI CLIMATICHE.....	89
11.1.13	VENTO.....	89
11.2	VERIFICHE SLU	90
11.2.1	SEZIONE DI INCASTRO DELLO SBALZO.....	90
11.2.2	SEZIONE DI MEZZERIA (COMPRESA TRA LE ANIME DEL PREFABBRICATO)	92
12	VERIFICHE DI DEFORMAZIONE.....	94
12.1	VERIFICA DEFORMAZIONI TORSIONALI (SGHEMBO)	94

12.2	VERIFICA STATO LIMITE DI COMFORT DEI PASSEGGERI.....	94
13	AZIONI SUGLI APPOGGI.....	95
13.1.1	APPOGGI PER IMPALCATI CON CAT. SOTTOSUOLO C $V_N=75$ ANNI E $C_U=1.5$ ($V_R=112.5$).....	98
13.1.2	APPOGGI PER IMPALCATI CON CAT. SOTTOSUOLO C $V_N=100$ ANNI E $C_U=2.0$ ($V_R=200$).....	101
13.1.3	RIEPILOGO SCARICHI APPOGGI.....	104
14	INCIDENZE	105

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0507 001</td> <td>B</td> <td>6 di 105</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	6 di 105
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	6 di 105								

1 PREMESSA

Nell'ambito dell'*Itinerario Napoli-Bari* si inserisce il *Raddoppio della Tratta Cancello – Benevento - 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino - Vitulano* oggetto della Progettazione Esecutiva in esame.

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento dell'impalcato in c.a.p. di 25m (Lc=22.80m) del *Viadotto Calore Torallo_VI05*.

Nella presente relazione sono riportati in forma sintetica i risultati delle sollecitazioni e delle verifiche strutturali della struttura in oggetto.

Nel seguito si procede al calcolo dello stato di sollecitazione ed alle verifiche dell'impalcato (travi e soletta di completamento), nei confronti degli Stati Limite Ultimi strutturali di presso-flessione e taglio e gli Stati limite di Esercizio di fessurazione e tensionale.

Si esegue inoltre la determinazione delle azioni massime per gli appoggi e le sottostrutture.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0507 001</td> <td>B</td> <td>7 di 105</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	7 di 105
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	7 di 105								

2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVE

Sono state prese a riferimento le seguenti Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento:

- [1] *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni»*
- [2] *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»*
- [3] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario*
- [4] *Istruzione RFI DTC INC CS SP IFS 001 - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie*
- [5] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 002 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria*
- [6] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 003 - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari*
- [7] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 004 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo*
- [8] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 005 - Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia*
- [9] *Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)*
- [10] *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea*

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0507 001</td> <td>B</td> <td>8 di 105</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	8 di 105
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	8 di 105								

2.2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

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

3 MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO PER TRAVI IN C.A.P. E TRASVERSI

Classe C45/55

$R_{ck} =$	55.00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0,83 R_{ck} =$	45.65	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	53.65	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85		Coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.50	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_M =$	25.87	MPa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	3.83	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} =$	4.60	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	3.22	MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0,55 f_{ck} =$	25.11	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0,40 f_{ck} =$	18.26	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{(0,3)} =$	36416.11	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.20		Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$	15173.40	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	10 di 105

3.2 CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA IMPALCATO E PREDALLES

Classe C32/40

$R_{ck} =$	40.00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0,83 R_{ck} =$	33.20	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	41.20	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85		Coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.50	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_M =$	18.81	MPa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	3.10	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} =$	3.72	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	2.17	MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0,55 f_{ck} =$	18.26	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0,40 f_{ck} =$	13.28	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{(0,3)} =$	33643.00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.20		Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$	14018.00	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto

3.3 ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA

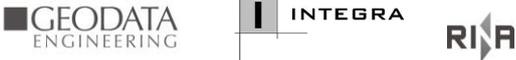
B450C

$f_{yk} \geq$	450.00	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540.00	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
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	391.30	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000.00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0.20	%	Deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7.50	%	Deformazione caratteristica ultima
$\sigma_s = 0,75 f_{yk} =$	337.50	MPa	Tensione in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])

3.4 ACCIAIO PER C.A.P.

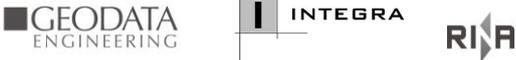
Trefoli $\phi 0.6''$ A=139 mm²

$f_{pk} \geq$	1860.00	MPa	Tensione caratteristica di rottura
$f_{p(0,1)k} \geq$	-	MPa	Tensione caratteristica allo 0,1% di def. Residua
$f_{p(1)k} \geq$	1670.00	MPa	Tensione caratteristica allo 1% di def. Totale
Allung. per carico max.	3.50%	-	
$\gamma_s =$	1.15	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$E_p =$	195000.00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{ypd} = f_{pd} / E_p$	0.75	%	Deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk}$	3.15	%	Deformazione caratteristica ultima

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 12 di 105

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la definizione della categoria di suolo delle opere appartenenti alla tratta in oggetto si rimanda all'elaborato progettuale "IF2612EZZCLVI0500001A - *Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni*".

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 13 di 105

5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Il Viadotto Calore Torallo_VI05, a doppio binario, si estende tra le progressive km 20+474,00 e km 21+238,50 della *Tratta Canello-Benevento – II° Lotto funzionale Frasso Telesino - Vitulano*, per uno sviluppo complessivo pari a 764.5 m in corrispondenza del *Fiume Calore*, ed è costituito da 25 campate isostatiche, di cui:

- n°22 campate di luce L=25,00m (asse pila-asse pila): ciascun impalcato è costituito da n°4 travi a cassoncino in c.a.p. di luce di calcolo Lc=22,80m disposte ad un interasse di 2,48m e collegate trasversalmente da n°4 trasversi in c.a.p. con cavi post-tesi. Completa l'impalcato una soletta in c.a. gettata in opera di larghezza complessiva pari a 13,70m.
- n°2 campate (tra le pile P5 e P6 e tra le pile P7 e P8) di luce L=45,00m (asse pila-asse pila): l'impalcato è della tipologia a struttura mista acciaio-calcestruzzo con soletta collaborante in c.a. avente luce di calcolo Lc=43,00m con una larghezza complessiva pari a 13,70m.
- n°1 campata (tra le pile P6 e P7) di luce L=65,00m (asse pila-asse pila): l'impalcato è della tipologia a struttura mista acciaio-calcestruzzo con soletta collaborante in c.a. avente luce di calcolo Lc=63,00m con una larghezza complessiva pari a 13,70m.

L'adozione di "campate speciali" (45,00m-65,00m-45,00m di cui sopra) per lo scavalco del Fiume Calore è stata dettata da motivazioni di carattere idraulico legate in primo luogo al rispetto di quanto prescritto dal DM 14 Gennaio 2008 [1] in termini di compatibilità idraulica (cfr. § 5.2.1.2 "...la luce minima tra pile contigue, misurata ortogonalmente al filone principale della corrente, non dovrà esser inferiore a 40metri..."), alla vicinanza del viadotto stradale esistente della S.S. Fondo Valle Isclero immediatamente più a valle, nonché dall'esigenza di garantire il rispetto dei franchi idraulici minimi sul livello di piena di progetto.

In corrispondenza dell'interferenza con la S.P.116 (ex S.S.265) è prevista la realizzazione di una struttura scatolare "a farfalla" (fra P20A e P20B) tale da compatibilizzare il progetto dell'infrastruttura ferroviaria con il mantenimento della sede attuale della S.P.116 (ex S.S.265) stessa. Tale struttura scatolare "a farfalla", in c.a. gettata in opera e con solettone di copertura realizzato con travi prefabbricate in c.a.o. solidarizzate in opera, presenta dei forni "ad arco" parallelamente alla sede stradale richiamando così, in diversa veste, il motivo caratterizzate di due opere ferroviarie del I° Lotto Funzionale della Tratta in oggetto.

Oggetto della presente relazione sono le analisi e le verifiche strutturali dell'impalcato in c.a.p. di luce 25m. Lo schema di calcolo è di trave in semplice appoggio.

L'armamento è di tipo convenzionale su ballast. Il manufatto si inserisce nell'ambito di una tratta a doppio binario ed è in grado di ospitare il nuovo tipologico di B.A. previsto per il viadotto. Nell'analisi dei carichi sarà pertanto previsto il posizionamento di tale tipologia di barriere.

A seguire si riportano delle immagini che illustrano la geometria della struttura.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	14 di 105

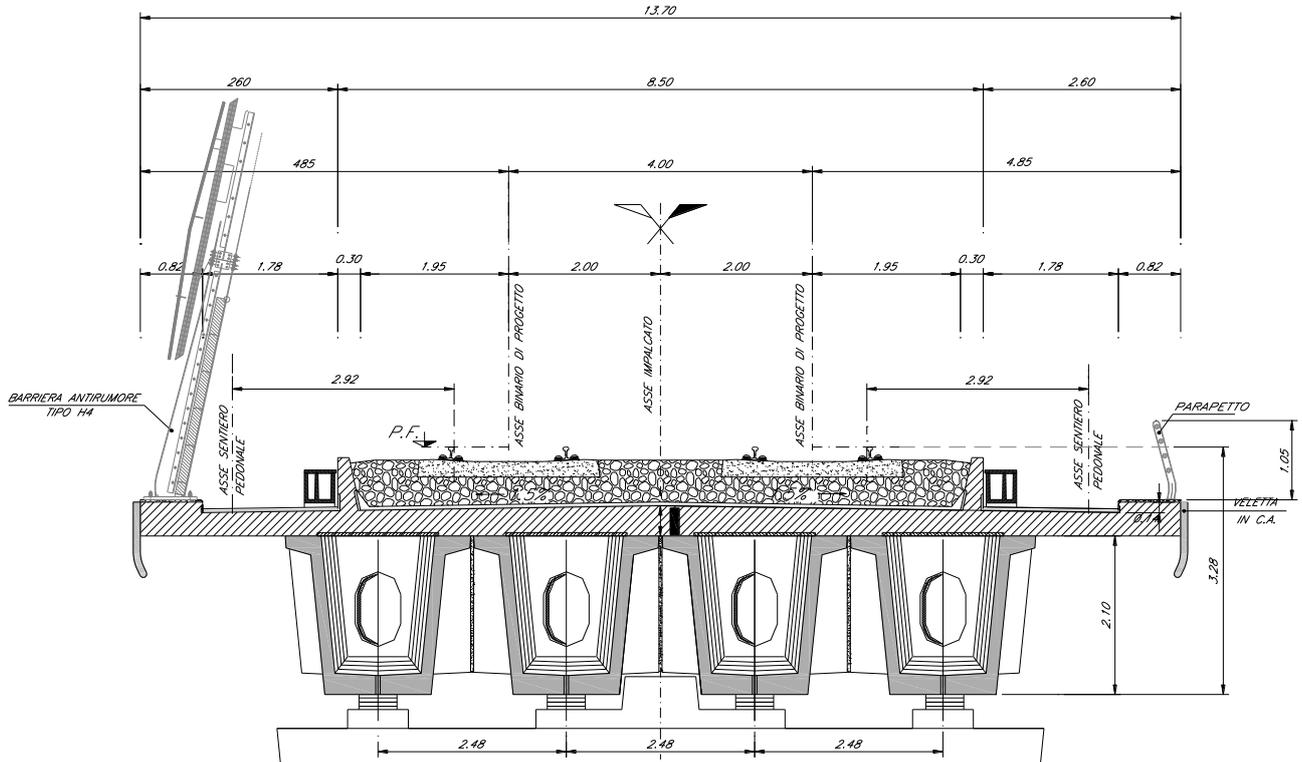


Figura 1 – Sezione trasversale

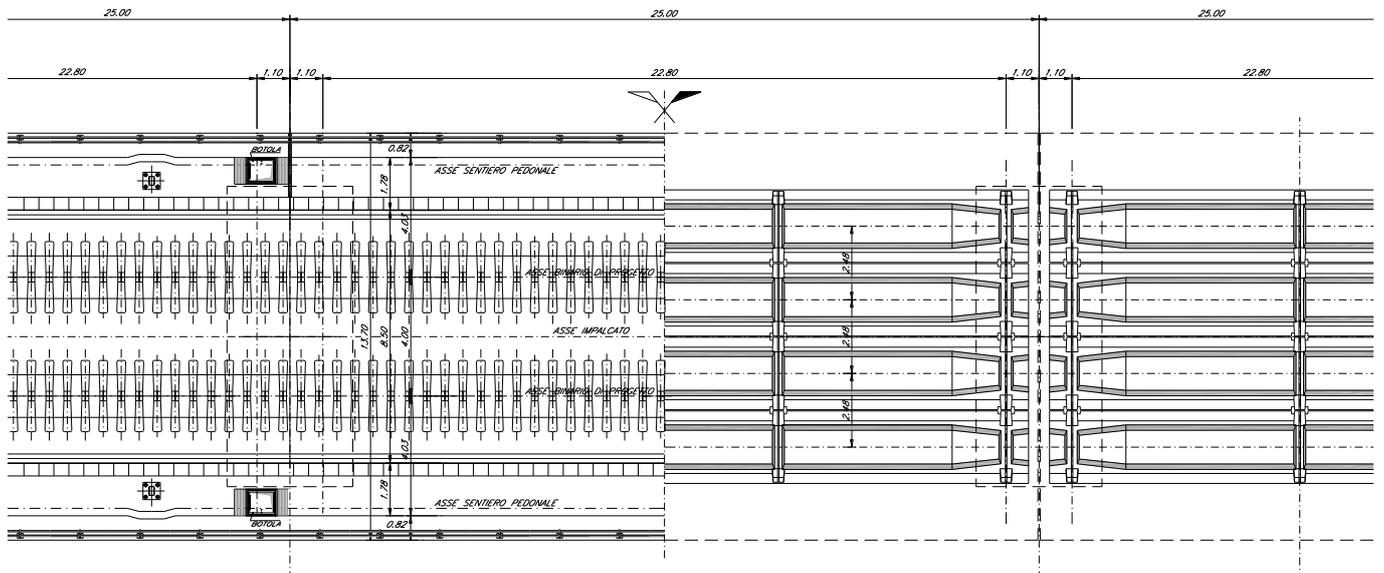


Figura 2 – Pianta impalcato

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	15 di 105

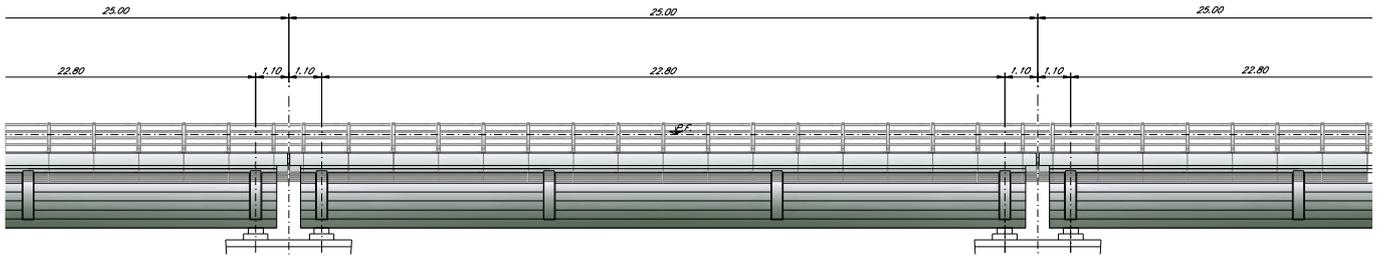


Figura 3 – Prospetto impalcato

- → Appoggio fisso a rigidità variabile
- ← ○ → Appoggio unidirezionale
- ↕ ○ ↕ Appoggio multidirezionale



Figura 4 – Schema appoggi

6 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riporta l'analisi dei carichi agenti sulla struttura.

6.1 PERMANENTI STRUTTURALI (G1)

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

Di seguito si riporta la stima dei pesi propri considerati.

6.1.1 ELEMENTI PREFABBRICATI

- Trave prefabbricata – sezione di appoggio
Acls = 2.01 mq Pp1 = 2.01 x 25 = 50.25 kN/m
- Trave prefabbricata – sezione di transizione (media)
Acls = 1.60 mq Pp2 = 1.60 x 25 = 40.00 kN/m
- Trave prefabbricata – sezione corrente
Acls = 1.13 mq Pp3 = 1.13 x 25 = 28.25 kN/m
- Traversi di testata (per ogni trave)
Acls = 4.77-2.01 = 2.76 mq; sp = 0.40 m Pp4 = 2.76 x 0.40 x 25 = 27.60 kN
- Traversi intermedi (per ogni trave)
Acls = 4.77-1.13 = 3.64 mq; sp = 0.25 m Pp4 = 3.64 x 0.25 x 25 = 22.75 kN

Il peso complessivo di ogni elemento prefabbricato è pari a:

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

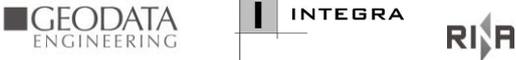
6.1.2 ELEMENTI GETTATI IN OPERA

Soletta, muretti paraballast e cordoli

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

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

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 17 di 105

6.2 PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2)

I carichi permanenti non strutturali sono costituiti dal peso della massicciata, dal peso delle barriere antirumore e dal peso delle canalette portacavi.

La normativa distingue tra ballast e permanenti non strutturali generici nell'assegnazione dei valori del coefficiente di combinazione (rif. §2.5.3.8.3.1 [3]), per questo motivo nei paragrafi a seguire i due casi di carico vengono trattati separatamente.

6.2.1 MASSICCIATA, ARMAMENTO E IMPERMEABILIZZAZIONE

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

Peso di volume in rettilineo: 18.00 kN/mc

Peso di volume in curva: 20.00 kN/mc

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

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

6.2.2 BARRIERE ANTIRUMORE

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

$$G_{2,2} = q_{\text{barriere}} = 4.0 \times 5.4 = 21.6 \text{ kN/m per ogni lato dell'impalcato}$$

Il carico lineare complessivo è pari a 43.2 kN/m.

6.2.3 CANALETTE IMPIANTI E IMPIANTI

A ridosso dei muretti paraballast, sono previste delle canalette impianti sui lati esterni. Si assume un carico lineare uniforme pari a:

$$G_{2,3} = q_{\text{canalette}} = 2.50 \text{ kN/m per ogni lato dell'impalcato}$$

Il carico lineare complessivo è pari a 5.0 kN/m.

6.2.4 VELETTE

$$G_{2,4} = q_{\text{velette}} = 2.50 \text{ kN/m per ogni lato dell'impalcato}$$

Il carico lineare complessivo è pari a 5.0 kN/m.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	18 di 105

6.3 CARICHI DA TRAFFICO

6.3.1 CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO (Q11)

Le azioni verticali associate ai convogli ferroviari si schematizzano mediante i modelli di carico teorici LM71 e SW/2. I carichi verticali sono definiti per mezzo dei modelli di carico elencati nella seguente tabella. I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono moltiplicarsi per il coefficiente "α" che deve assumersi come da tabella seguente:

Modello di carico	Coefficiente α
LM71	1,10
SW/2	1,10
SW/2	1,00

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

6.3.1.1 TRENO DI CARICO LM71

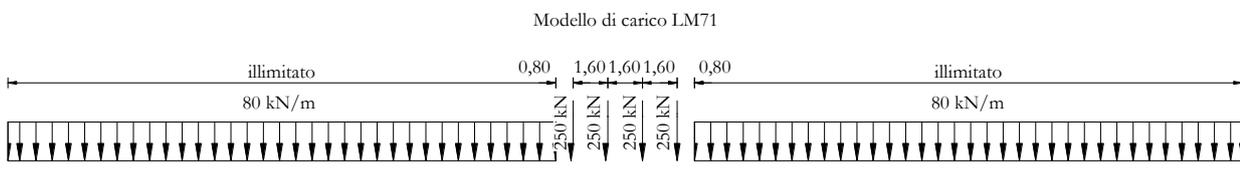


Figura 5 – Modelli di carico teorici LM71

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

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

6.3.1.2 TRENO DI CARICO SW/2

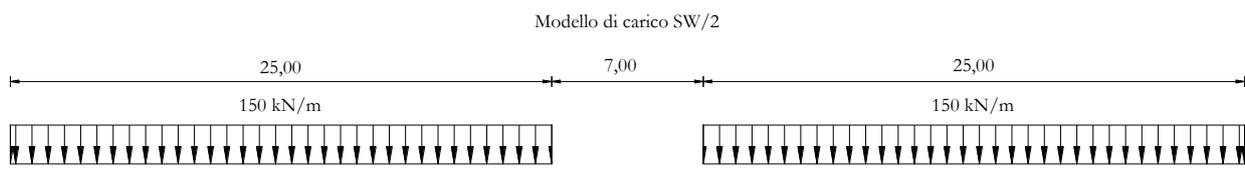


Figura 6 – Modelli di carico teorici SW/2

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	19 di 105

6.3.1.3 TRENO SCARICO

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

6.3.1.4 RIPARTIZIONE LOCALE DEI CARICHI

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

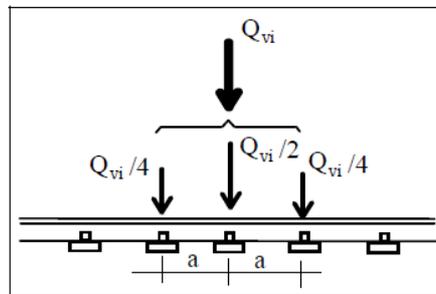


Figura 7– meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo del binario

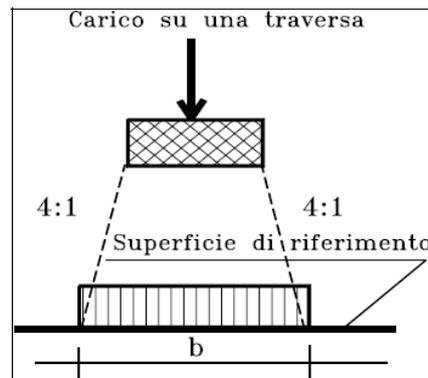


Figura 8 – meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo di traversa e ballast

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

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

Larghezza traversine: $B = 0.26$ m

Interasse traversine: $i = 0.60$ m

Altezza di diffusione: $h = 0.40$ m

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

Il valore appena calcolato per la larghezza di ripartizione sarà impiegato per la valutazione degli effetti locali trasversali.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	20 di 105

6.3.1.5 RIPARTIZIONE TRASVERSALE DEI CARICHI

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

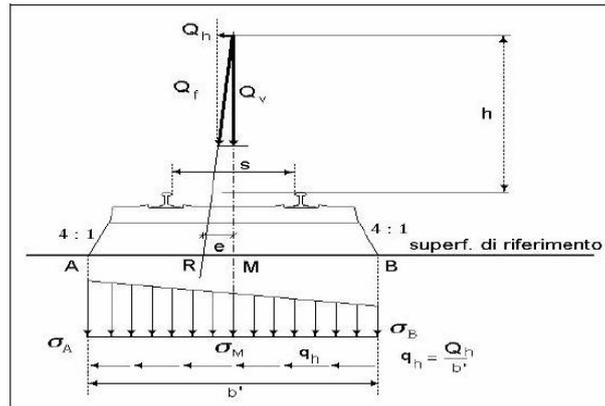


Figura 7 – meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo di traversa e ballast – ponte in rettilineo

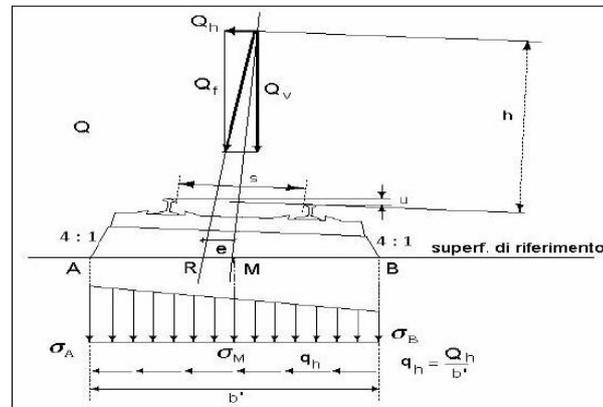


Figura 8 – meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo di traversa e ballast – ponte in curva

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

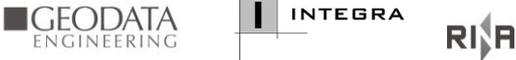
Nel caso specifico, la ripartizione viene valutata a partire dai seguenti parametri medi. A vantaggio di sicurezza si adotta lo schema di ponte in rettilineo.

Larghezza traversine: $B = 2.40 \text{ m}$

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

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

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 21 di 105

6.3.2 CARICHI SUI MARCIAPIEDI

La normativa prevede uno schema di carico “folla” sui marciapiedi, qualora questi (non aperti al pubblico) siano utilizzati dal personale autorizzato per attività di manutenzione e controllo.

Tali carichi accidentali sono schematizzati da un carico uniformemente ripartito del valore di 10 kN/mq.

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

6.3.3 FORZA CENTRIFUGA

L'azione centrifuga è schematizzata come una forza agente in direzione orizzontale perpendicolarmente al binario e verso l'esterno della curva, applicata ad 1,80 m al di sopra del p.f.. Il valore caratteristico della forza centrifuga si determina in accordo con la seguente espressione:

$$Q_{tk} = V^2 \cdot f \cdot (\alpha \cdot Q_{vk}) / (127 \cdot R)$$

dove	V	velocità di progetto espressa in km/h
	Q_{vk}	valore caratteristico dei carichi verticali
	R	raggio di curvatura in m
	f	fattore di riduzione (rif, §1.4.3.1 [3])

Per il modello di carico LM71 e per velocità di progetto superiori a 120 km/h, si considerano i seguenti 2 casi:

- modello di carico LM71 e forza centrifuga per $V = 120$ km/h e $f = 1$;
- modello di carico LM71 e forza centrifuga calcolata per la massima velocità di progetto.

Per i modelli di carico SW si assume una velocità massima di 100 km/h.

La forza centrifuga non deve essere incrementata dei coefficienti dinamici.

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

Velocità max	Vmax	180	km/h
Lunghezza di influenza	Lc	22.80	m
Raggio	R	1600	m
	α (LM71)	1.10	-
Valore caratteristico carichi verticali LM71	q_{vk} (LM71)	80	kN/m
Valore caratteristico carichi verticali LM71	Q_{vk} (LM71)	1000	kN
Valore caratteristico carichi verticali SW/2	q_{vk} (SW/2)	150	kN/m

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	22 di 105

1° caso LM71	V	120	km/h
	f	1	-
	q centr_LM71_1caso	6	kN/m
	Q centr_LM71_1caso	78	kN

2° caso LM71	V	180	km/h
	f	0.76	-
	q centr_LM71_2caso	11	kN/m
	Q centr_LM71_2caso	133	kN

SW/2	V	100	km/h
	f	1.13	-
	q centr_SW/2	8	kN/m

6.3.4 SERPEGGIO

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario.

Il valore caratteristico di tale forza è assunto pari a 100 kN. Tale valore deve essere moltiplicato per α ma non per il coefficiente di amplificazione dinamica.

6.3.5 AZIONI DI AVVIAMENTO E FRENATURA

Le azioni di frenatura e avviamento sono costituite da forze uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato. I valori da considerare sono i seguenti:

- avviamento: $Q_{la,k} = 33 \text{ kN/m} \cdot L \leq 1000 \text{ kN}$ per i modelli di carico LM71, SW/2
- frenatura: $Q_{lb,k} = 20 \text{ kN/m} \cdot L \leq 6000 \text{ kN}$ per i modelli di carico LM71
 $Q_{lb,k} = 35 \text{ kN/m}$ per i modelli di carico SW/2

I valori caratteristici dell'azione di frenatura e di avviamento devono essere moltiplicati per α e non devono essere moltiplicati per Φ .

Nel caso di ponti a doppio binario si devono considerare due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento e l'altro in fase di frenatura.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	23 di 105

6.3.6 DERAGLIAMENTO

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

Caso 1

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

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

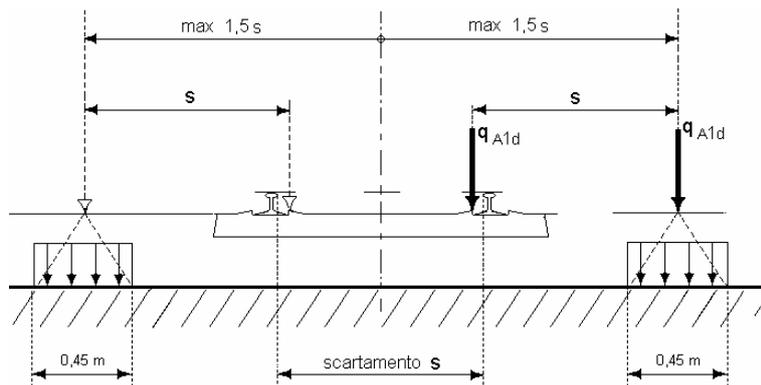


Figura 11 – posizione azioni da deragliamento – caso 1

Caso 2

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

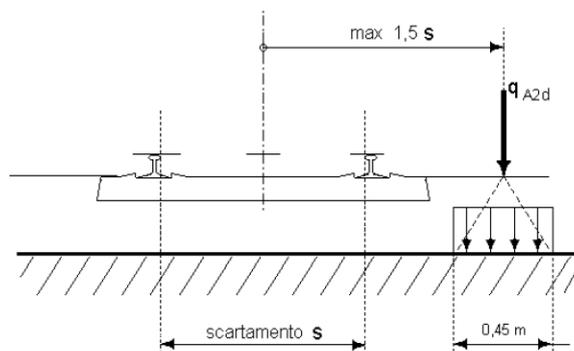
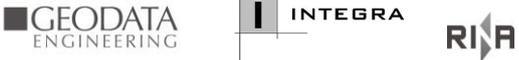


Figura 12 – posizione azioni da deragliamento – caso 2

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 24 di 105

La posizione dei carichi non determina scenari che vedono coinvolti elementi sensibili a rotture localizzate (mensole, muretti, elementi puntuali, ecc.). Inoltre, sia la posizione che l'entità dei carichi (molto inferiori rispetto ai carichi da traffico considerati in progetto), unitamente al fatto che i relativi effetti devono essere considerati nell'ambito delle combinazioni eccezionali (con valori dei coefficienti parziali sensibilmente meno gravosi di quelli considerate nelle combinazioni caratteristiche) portano a concludere che le azioni da deragliamento non sono significative per le verifiche degli elementi strutturali del manufatto e non determinano scenari più gravosi di quelli effettivamente considerati nei confronti della stabilità globale del manufatto.

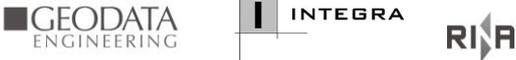
6.3.7 INCREMENTO DINAMICO

I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico devono essere moltiplicati per coefficienti che tengono conto dell'amplificazione dinamica. I coefficienti di amplificazione dinamica Φ si assumono pari a Φ_2 o Φ_3 in dipendenza dal livello di manutenzione della linea. In particolare si assumerà:

- per linee con elevato standard manutentivo:
 $\Phi_2 = 1,44/(\sqrt{L_\phi - 0,2}) + 0,82$ con limitazione $1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$
- per linee con normale standard manutentivo:
 $\Phi_3 = 2,16/(\sqrt{L_\phi - 0,2}) + 0,73$ con limitazione $1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$

Per il caso in oggetto si ha:

$$L_c = L_\phi = 22.8\text{m} \quad \Phi_3 = 1.2$$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 25 di 105

6.4 CARICHI VARIABILI (Q5)

6.4.1 AZIONI DEL VENTO (Q5.1)

L'azione del vento viene ricondotta ad un'azione statica equivalente costituita da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici.

La pressione del vento è data dalla seguente espressione:

$$p = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

dove q_b pressione cinetica di riferimento
 C_e coefficiente di esposizione
 C_p coefficiente di forma
 C_d coefficiente dinamico, posto generalmente pari a 1

Di seguito si riporta il dettaglio del calcolo di tali fattori per l'opera in oggetto.

6.4.1.1 PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO

La pressione cinetica di riferimento si determina mediante l'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \text{ (in N/m}^2\text{)}$$

dove v_b velocità di riferimento
 ρ densità dell'aria, convenzionalmente posta pari a 1,25 kg/m³

Di seguito si determina la pressione di riferimento sulla base dei parametri caratteristici del sito e il tempo di ritorno dell'opera in oggetto:

Parametri dipendenti dal sito

Zona =	3	
$v_{b,0}$ =	27.00	m/s
a_0 =	500.00	m
k_a =	0.02	1/s

Altitudine del sito

a_s =	40.00	m s,l,m,
v_b =	27.00	m/s

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	26 di 105

Tempo di ritorno

TR = 75 anni
 $\alpha R(TR) = 1.023$
 $v_b(TR) = 27.63$ m/s

Pressione di riferimento

$q_b = 477.3$ N/m²

6.4.1.2 COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito e si determina mediante l'espressione:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

dove k_r, z_0, z_{\min} sono parametri che dipendono dalla categoria di esposizione del sito;

c_t è il coefficiente di topografia, posto generalmente pari a 1

Di seguito si determina il coefficiente di esposizione sulla base della classe d'esposizione e l'altezza z del punto considerato, posta pari alla massima quota del complesso impalcato, barriere antirumore, sagoma del treno. A tal proposito il §2.5.1.4.4.2 [3] impone di considerare il treno come una superficie piana continua convenzionalmente alta 4,00 m sul p.f.. Cautelativamente si considerano presenti barriere H4 ad entrambe le estremità dell'impalcato.

Categoria di esposizione

Classe di rugosità = D
 Distanza dalla costa = > 30 km

Categoria di esposizione = II
 $k_r = 0.19$
 $z_0 = 0.05$ m
 $z_{\min} = 4.00$ m

Quota di riferimento z

H impalcato fino a p.f. = 3.28 m
 H impalcato fino attacco barriera = 2.60 m
 H b.a. = 5.40 m
 H treno su p.f. = 4.00 m
 H struttura fino a p.f. = 11.78 m

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	27 di 105

z di riferimento = 18.17 m

Coefficiente di esposizione

ce = 2.71

6.4.1.3 COEFFICIENTE DI FORMA DELL'IMPALCATO

Il coefficiente di forma dell'impalcato e l'area di riferimento per il calcolo della forza risultante si determinano in base ai criteri enunciati nel §8.3.1 [9].

A tal proposito si riconduce il coefficiente di forma c_p al coefficiente di forza $c_{fx,0}$, Il coefficiente di forza $c_{fx,0}$ si determina in base al rapporto tra larghezza b e altezza totale dell'impalcato d_{tot} .

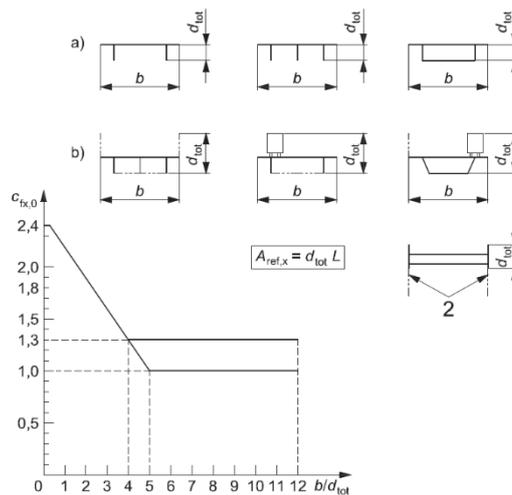
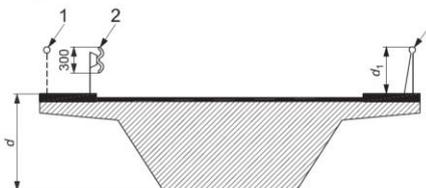


Figura 9 – Correlazione tra il rapporto b/d_{tot} e coefficiente di forma c_{fx0} (figura 8,3 EC1-4)

Legenda

- 1 Parapetti aperti
 - 2 Barriere di sicurezza aperte
 - 3 Parapetti, barriere antirumore o barriere di sicurezza a parete piena
- Dimensioni in millimetri

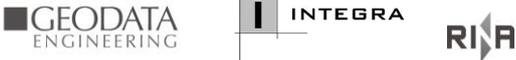


Altezza d_{tot} da impiegarsi per il calcolo di $A_{ref,x}$

Sistema di ritenuta	su un lato	su entrambi i lati
Parapetto aperto o barriera di sicurezza aperta	$d + 0,3$ m	$d + 0,6$ m
Parapetto a parete piena o barriera di sicurezza a parete piena	$d + d_1$	$d + 2 d_1$
Parapetto aperto e barriera di sicurezza aperta	$d + 0,6$ m	$d + 1,2$ m

Figura 10 – Criteri per la determinazione dell'area di riferimento (figura 8,5 EC1-4)

L'area da considerare per il calcolo della risultante di forza si definisce come la somma di tutte le superfici proiettate dall'impalcato nel piano longitudinale, comprese le barriere e la sagoma dei veicoli.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 28 di 105

Per il caso in esame si ha:

Caratteristiche geometriche dell'impalcato

b =	13.70	m
H b.a. fino p.f. =	4.65	m
H b.a. =	5.40	m
H imp. fino p.f. =	3.28	m
d tot,max =	12.68	m
b/dtot =	1.08	
cp =	2.11	

6.4.1.4 AZIONE DEL VENTO

Di seguito si procede al calcolo dell'azione del vento agente sugli impalcati precedenti e successivi la struttura ad archi in relazione ai parametri determinati nei paragrafi precedenti.

Pressione del vento

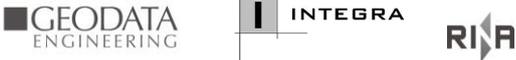
qb =	477.3	N/m ²
ce =	2.71	
cp =	2.11	
cd =	1.00	
p = qb · ce · cp · cd =	2.73	kN/m²

6.4.2 AZIONI TERMICHE (Q5.2)

6.4.2.1 VARIAZIONE TERMICA UNIFORME

È stata considerata una variazione termica uniforme della struttura pari a ±15°C.

Per il calcolo delle escursioni dei giunti e degli apparecchi d'appoggio si considera una variazione di temperatura incrementata del 50 %.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 29 di 105

6.4.2.2 VARIAZIONE TERMICA DIFFERENZIALE

In aggiunta alla variazione termica uniforme, si considera un gradiente di temperatura di 5 °C fra soletta e travi prefabbricate, considerando i due casi di intradosso a temperatura superiore e inferiore dell'estradosso. Nella valutazione degli effetti locali, si è considerato un gradiente termico lineare di 5 °C nello spessore delle pareti tra esterno ed interno dei cassoncini.

6.4.3 AZIONI DA NEVE (Q5.3)

Il carico da neve nelle zone esterne alla piattaforma ferroviaria può essere contemporaneo al traffico ferroviario. Si considera una pressione uniforme pari a:

$$q_s = q_{sk} * \mu_i * C_E * C_t$$

Dove:

q_{sk} = valore di riferimento del carico della neve al suolo

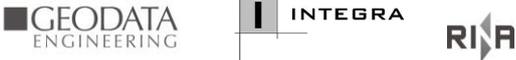
μ_i = coefficiente di forma

C_E = coefficiente di esposizione

C_t = coefficiente termico

Per la struttura in esame si ha:

zona	II -
as	40 m
q_{sk}	1.00 kN/m ²
μ_i	0.8 -
C_E	1 -
C_t	1 -
q_s	0.80 kN/m²

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 30 di 105

6.5 AZIONI INDIRETTE (Q6)

6.5.1 RESISTENZE PARASSITE NEI VINCOLI (Q6.1)

Per la valutazione delle coazioni generate dallo scorrimento dei vincoli, è stato considerato un coefficiente d'attrito f pari a 0.06, applicato alle azioni verticali agenti sugli apparecchi d'appoggio.

6.5.1.1 PILE

Con riferimento a quanto riportato nel §1.6.3 [3] la forza agente sulle pile per impalcati a travate isostatiche, facendo riferimento all'apparecchio d'appoggio maggiormente caricato tra i due presenti sulla pila, si considera pari a:

$$F_a = f (0,2 \cdot V_G + V_Q)$$

dove V_G reazione verticale massima associata ai carichi permanenti

V_Q reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamizzati

Per un appoggio abbiamo:

Reazioni verticali massime

$$V_G = F_3 (G_1 + G_2) = 1157 \quad \text{kN}$$

$$V_Q = F_3 (Q_{1\max}) = 1230 \quad \text{kN}$$

Forza d'attrito risultante per il singolo impalcato

$$f = 0.06$$

$$F_1 = 88 \quad \text{kN}$$

$$\text{eccentricità} = 1.5 \quad \text{m}$$

$$M_1 = 132 \quad \text{kNm}$$

6.5.1.2 SPALLE

Con riferimento a quanto riportato nel §1.6.3 [3] la forza agente sulle spalle per impalcati a travate isostatiche, si considera pari a:

$$F_a = f (V_G + V_Q)$$

dove V_G reazione verticale massima associata ai carichi permanenti

V_Q reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamizzati

Reazioni verticali massime

$$V_G = F_3 (G_1 + G_2) = 1157 \quad \text{kN}$$

$$V_Q = F_3 (Q_{1\max}) = 1230 \quad \text{kN}$$

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	31 di 105

Forza d'attrito risultante per il singolo impalcato

f =	0.06	
F1 =	143	kN
eccentricità	1.5	m
M1 =	216	kNm

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	32 di 105

6.5.2 RITIRO E VISCOSITÀ (Q6.2)

Di seguito si riporta la valutazione del ritiro sulla struttura. La valutazione tiene conto della riduzione del ritiro per effetto della viscosità.

6.5.2.1 RITIRO DELLA TRAVE IN C.A.P.

Ritiro (EN1992-1-1 §3.1.4)			
ϵ_{cs}	3.76E-04	-	Deformazione totale da ritiro $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$
Ritiro da essiccamento			
Classe	C45/55		Classe del calcestruzzo
$R_{ck} =$	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	53	MPa	Valor medio resistenza cilindrica
$f_{cm,0} =$	10	MPa	
Cem. Tipo	N	-	CEM 32,5 R, CEM 42,5 N
$\alpha_{ds1} =$	4		
$\alpha_{ds2} =$	0.12		
RH =	65	%	Umidità Relativa
$RH_0 =$	100	%	
$\beta_{RH} =$	1.12		Coeff. per umidità relativa
$\epsilon_{cd,0} =$	3.34E-04	-	Deformazione da ritiro per essiccamento non contrastato
$A_c =$	1093000	mmq	Area sez trasversale
$u =$	11847	mm	Perimetro a contatto con l'atmosfera
$h_0 =$	185	mm	Dimensione fittizia dell'elemento
$k_h =$	0.87		Coeff. per dimensione fittizia
$t =$	10000	gg	Età del calcestruzzo, al momento considerato
$t_s =$	0	gg	Età del calcestruzzo, all'inizio del ritiro per essiccamento
$\beta_{ds}(t, t_s)$	0.990		
$\epsilon_{cd} =$	2.89E-04		Deformazione da ritiro per essiccamento
Ritiro autogeno			
$\epsilon_{ca}(\infty) =$	0.0000875	-	Deformazione da ritiro autogeno per $t = \infty$
$t =$	10000	gg	
$\beta_{as}(t) =$	1.00	-	
$\epsilon_{ca}(t) =$	8.75E-05	-	Deformazione da ritiro autogeno

A vantaggio di sicurezza, si considera completamente esaurito il ritiro della trave prefabbricata all'atto del getto della soletta.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	33 di 105

6.5.2.2 RITIRO DELLA SOLETTA GETTATA IN OPERA

Di seguito si calcola il ritiro della soletta gettata in opera a tempo infinito (10.000 gg), coincidente con il ritiro differenziale soletta-travi.

Ritiro (EN1992-1-1 §3.1.4)			
ϵ_{cs}	3.09E-04	-	Deformazione totale da ritiro $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$
Ritiro da essiccamento			
Classe	C32/40		Classe del calcestruzzo
$R_{ck} =$	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	40	MPa	Valor medio resistenza cilindrica
$f_{cm,0} =$	10	MPa	
Cem.Tipo	N	-	CEM 32,5 R, CEM 42,5 N
$\alpha_{ds1} =$	4		
$\alpha_{ds2} =$	0.12		
RH =	65	%	Umidità Relativa
$RH_0 =$	100	%	
$\beta_{RH} =$	1.12		Coeff. per umidità relativa
$\epsilon_{cd,0} =$	3.90E-04	-	Deformazione da ritiro per essiccamento non contrastato
$A_c =$	854000	mmq	Area sez trasversale
$u =$	2440	mm	Perimetro a contatto con l'atmosfera
$h_0 =$	700	mm	Dimensione fittizia dell'elemento
$k_h =$	0.70		Coeff. per dimensione fittizia
$t =$	10000	gg	Età del calcestruzzo, al momento considerato
$t_s =$	0	gg	Età del calcestruzzo, all'inizio del ritiro per essiccamento
$\beta_{ds}(t, t_s)$	0.93		
$\epsilon_{cd} =$	2.54E-04		Deformazione da ritiro per essiccamento
Ritiro autogeno			
$\epsilon_{ca}(\infty) =$	0.000055	-	Deformazione da ritiro autogeno per $t=\infty$
$t =$	10000	gg	
$\beta_{as}(t) =$	1.00	-	
$\epsilon_{ca}(t) =$	5.50E-05	-	Deformazione da ritiro autogeno

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	34 di 105

6.5.2.3 VISCOSITÀ

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

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

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

Viscosità per valutazione perdite di precompressione

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

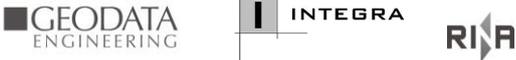
Viscosità (EN1992-1-1 §3.1.4)			
Classe	C45/55		Classe del calcestruzzo
$R_{ck} =$	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	53	MPa	valor medio resistenza cilindrica
$E_{cm} =$	36283	MPa	Modulo elastico di progetto
$E_c =$	38097	MPa	Modulo elastico tangente
Cem.Tipo	N	-	CEM 32,5 R, CEM 42,5 N
t_0	7	gg	età di applicazione del carico
t_0^*	7	gg	età di applicazione del carico modif. tipo cem. (S, N o R)
t	10000	gg	
A_c	1093000	mmq	area sez trasversale
u	11847	mm	perimetro a contatto con l'atmosfera
h_0	184.5	mm	dimensione fittizia dell'elemento
RH	65	%	Umidità Relativa
$\beta(f_{cm})$	2.31	-	influenza della resistenza del cls
$\beta(t_0)$	0.63	-	influenza del momento di applicazione del carico
φ_{RH}	1.42	-	coeff.influenza dell'umidità relativa
α_1	0.75	-	coeff.influenza della resistenza del cls
α_2	0.92	-	coeff.influenza della resistenza del cls
α_3	0.81	-	coeff.influenza della resistenza del cls
φ_0	2.09	-	coeff. nominale di viscosità
β_H	483	-	coeff. per RH e h_0
$\beta_c(t^*, t_0)$	0.99	-	
$\varphi(t^*, t_0)$	2.06	-	Coeff. di viscosità
$E_{c,R} =$	11873	MPa	Modulo elastico Ridotto
$E_{c,R}^* =$	12467	MPa	Modulo elastico Ridotto Modificato

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	35 di 105

Viscosità per valutazione caratteristiche sezione composta a t = inf.

Viscosità (EN1992-1-1 §3.1.4)			
Classe	C32/40		Classe del calcestruzzo
$R_{ck} =$	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	40	MPa	valor medio resistenza cilindrica
$E_{cm} =$	33346	MPa	Modulo elastico di progetto
$E_c =$	35013	MPa	Modulo elastico tangente
Cem.Tipo	N	-	CEM 32,5 R, CEM 42,5 N
t_0	7	gg	età di applicazione del carico
t_0^*	7	gg	età di applicazione del carico modif. tipo cem. (S, N o R)
t	10000	gg	
A_c	854000	mmq	area sez trasversale
u	2440	mm	perimetro a contatto con l'atmosfera
h_0	700	mm	dimensione fittizia dell'elemento
RH	65	%	Umidità Relativa
$\beta(f_{cm})$	2.66	-	influenza della resistenza del cls
$\beta(t_0)$	0.63	-	influenza del momento di applicazione del carico
φ_{RH}	1.35	-	coeff.influenza dell'umidità relativa
α_1	0.91	-	coeff.influenza della resistenza del cls
α_2	0.97	-	coeff.influenza della resistenza del cls
α_3	0.94	-	coeff.influenza della resistenza del cls
φ_0	2.28	-	coeff. nominale di viscosità
β_H	1296	-	coeff. per RH e h_0
$\beta_c(t^*, t_0)$	0.96	-	
$\varphi(t^*, t_0)$	2.19	-	Coeff. di viscosità
$E_{c,R} =$	10439	MPa	Modulo elastico Ridotto
$E_{c,R}^* =$	10960	MPa	Modulo elastico Ridotto Modificato

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 36 di 105

6.6 AZIONI SISMICHE (E)

L'azione sismica di progetto è rappresentata da spettri di risposta definiti in base alla pericolosità sismica di base del sito ove sorge l'opera in oggetto, la vita di riferimento e le caratteristiche del sottosuolo.

Di seguito si riportano i parametri di input utilizzati per la definizione degli spettri di progetto orizzontali e verticali e i grafici degli stessi.

Per la definizione della categoria di suolo si rimanda all'elaborato progettuale "Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni - Viadotto Calore Torallo" IF2612EZZCLVI0500001A.

Coordinate geografiche del sito:

Latitudine	Longitudine
[°]	[°]
41,18843	14,47470

6.6.1 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA PER VN=75 ANNI E CU=1.5

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

Vita nominale VN =	75	anni
Coefficiente d'uso cu =	1.5	
Vita di riferimento VR =	112.5	anni
Categoria di sottosuolo =	C	
Categoria topografica =	T1	

6.6.1.1 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO ORIZZONTALE

Tr	1068	anni
ag	0.266	g
Fo	2.353	
S	1.324	
TB	0.196	sec
TC	0.587	sec
TD	2.664	sec

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	37 di 105

6.6.1.2 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO VERTICALE

Tr	1068	anni
agv	0.185	g
Fv	1.638	
S	1.000	
TB	0.050	sec
TC	0.150	sec
TD	1.000	sec

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

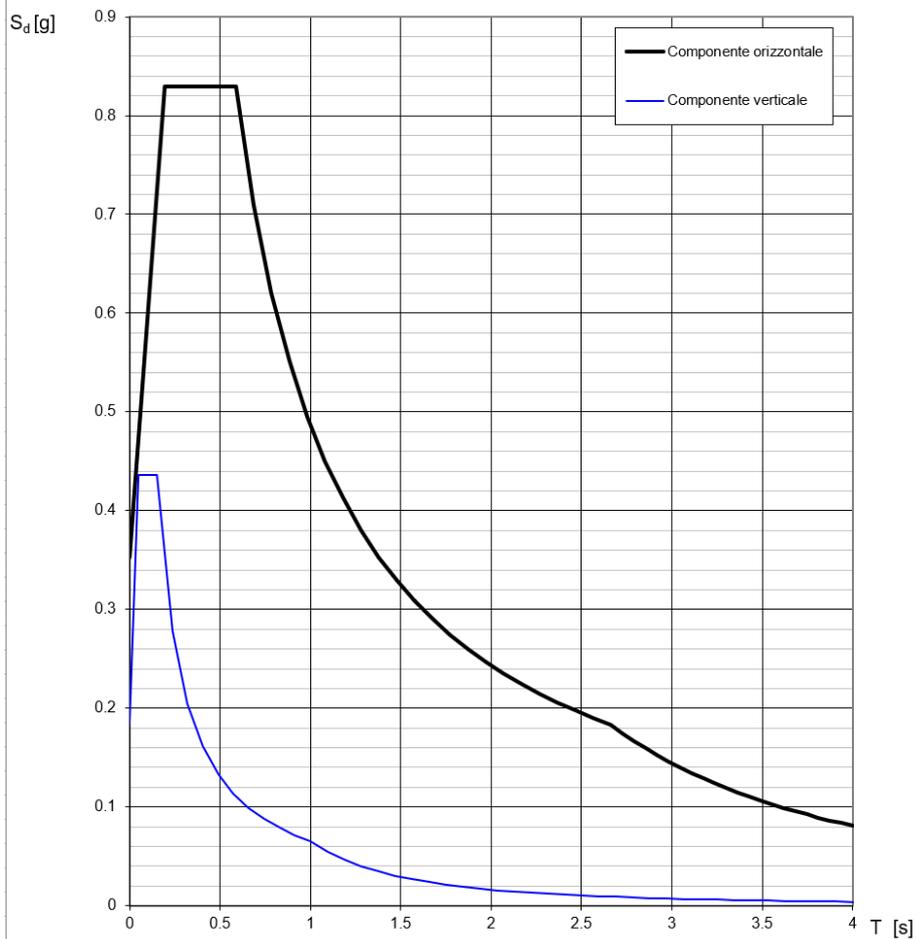


Figura 11 – Spettro elastico allo SLV – Componente orizzontale e verticale – V_N 75 anni, $C_u=1.5$

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0507 001</td> <td>B</td> <td>38 di 105</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	38 di 105
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	38 di 105								

6.6.2 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA PER VN=100 ANNI E CU=2.0

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

Vita nominale VN =	100	anni
Coefficiente d'uso cu =	2.0	
Vita di riferimento VR =	200	anni
Categoria di sottosuolo =	C	
Categoria topografica =	T1	

6.6.2.1 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO ORIZZONTALE

Tr	1898	anni
ag	0.331	g
Fo	2.381	
S	1.228	
TB	0.199	sec
TC	0.597	sec
TD	2.922	sec

6.6.2.2 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO VERTICALE

Tr	1898	anni
agv	0.257	g
Fv	1.848	
S	1.000	
TB	0.050	sec
TC	0.150	sec
TD	1.000	sec

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	39 di 105

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

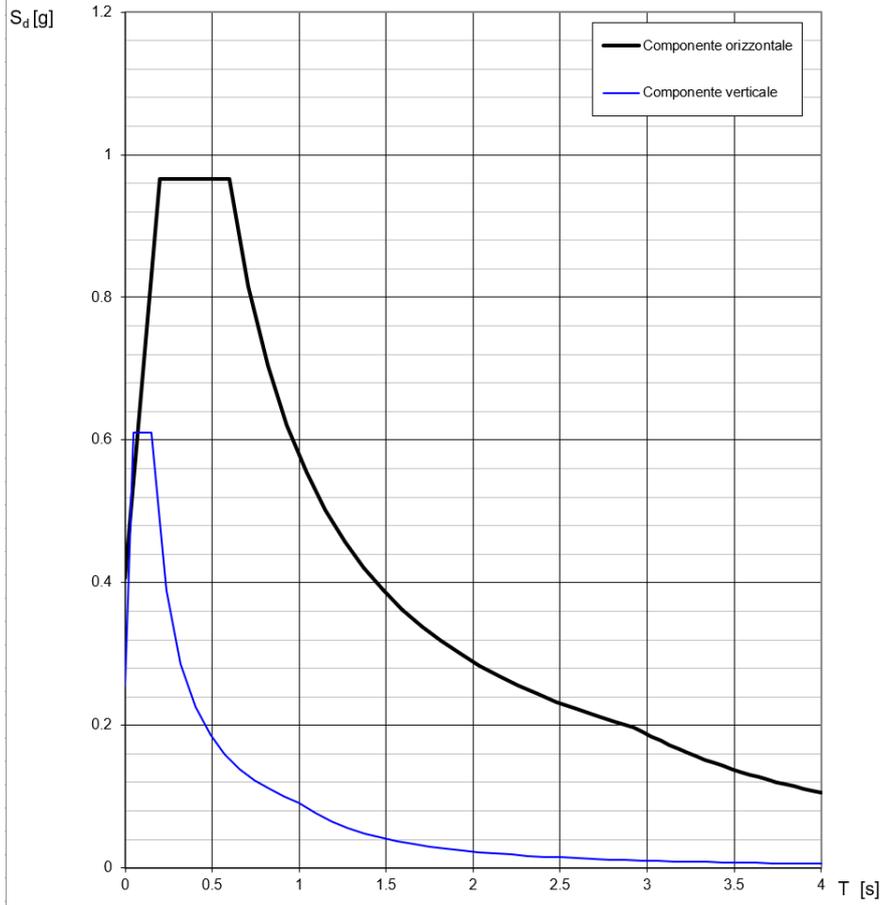
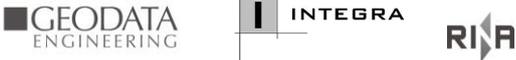


Figura 12 – Spettro elastico allo SLV – Componente orizzontale e verticale – V_N 100 anni, $C_u=2.0$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 40 di 105

7 FASI COSTRUTTIVE E MODELLAZIONE

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

Fase 0: Condizione a vuoto

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

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

Fase 1: getto della soletta

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

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

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

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

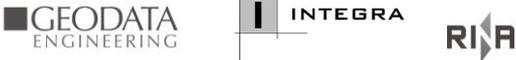
In questa fase si verifica la condizione della trave prefabbricata (ora collaborante con la soletta di impalcato) soggetta esclusivamente all'effetto dei carichi permanenti, secondo le seguenti ipotesi.

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

Fase 3: condizione di servizio

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

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0507 001</td> <td>B</td> <td>41 di 105</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	41 di 105
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	41 di 105								

7.1 MODELLAZIONE: GENERALITÀ

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

L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata con l'ausilio di modelli di calcolo realizzati con il software CSI SAP2000 Plus v.15.1.1.

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

I modelli riproducono le caratteristiche geometriche e meccaniche delle strutture.

7.1.1 MODELLO FASE 0

Il modello replica la trave prefabbricata, di lunghezza pari a 24.3m, appoggiato alle estremità della trave stessa.

I carichi sono relativi al peso proprio della singola trave (applicato come carico distribuito, differenziando tra sezione ringrossata, sezione di transizione e sezione corrente della trave) e dei trasversi (applicati come carichi concentrati alle progressive corrispondenti al loro reale posizionamento).

Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo e dei carichi applicati.

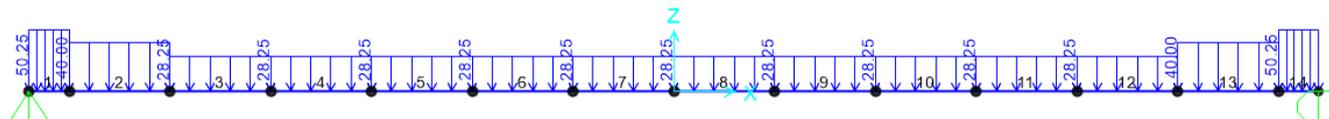


Figura 13 – modello di calcolo f.e.m. fase 0 – carico distribuito dovuto al peso proprio della trave

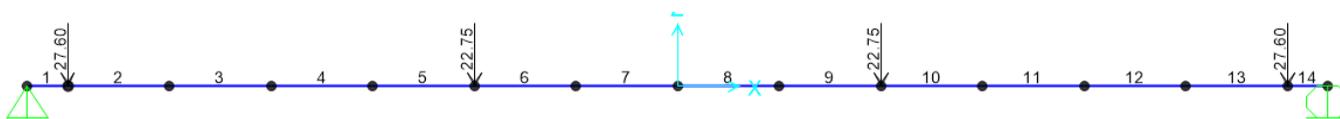


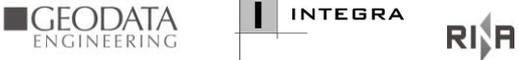
Figura 14 – modello di calcolo f.e.m. fase 0 – carico concentrato dovuto al peso dei trasversi

7.1.2 MODELLO FASE 1

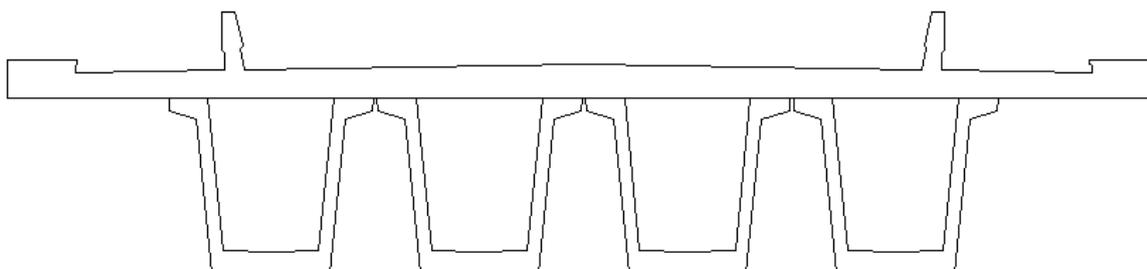
Il modello replica la trave prefabbricata, di lunghezza pari a 24.3m, appoggiato in corrispondenza degli appoggi previsti per l'impalcato (L=22.8m).

Oltre al peso proprio degli elementi prefabbricati, viene applicato il carico relativo al getto della soletta come carico uniforme. La valutazione del peso della soletta è effettuata secondo il criterio di area di influenza. Per semplicità, viene valutato solamente l'elemento trave di bordo, che è quello maggiormente sollecitato.

Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 42 di 105

A vantaggio di sicurezza il carico del muretto baraballast e i cordoli sono stati considerati in questa fase, quindi agenti sulla sola trave prefabbricata.



$A_{soletta} \approx 5.4 \text{ mq}$

Per la definizione del carico in fase 1 si usa il criterio delle aree d'influenza di ogni trave. Si ottiene la ripartizione seguente:

	Area spettante di soletta [m ²]	Carico getto [kN/m]
Trave di bordo	1.76	44
Trave centrale	0.93	23

Nelle analisi della presente relazione verrà sviluppato le sollecitazioni sulle travi di bordo maggiormente caricate.

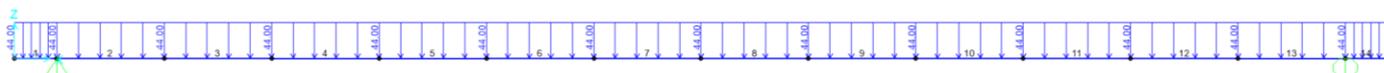


Figura 15 – modello di calcolo f.e.m. fase 1 – carico distribuito dovuto al peso proprio della soletta

7.1.3 MODELLO FASE 2

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

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	43 di 105

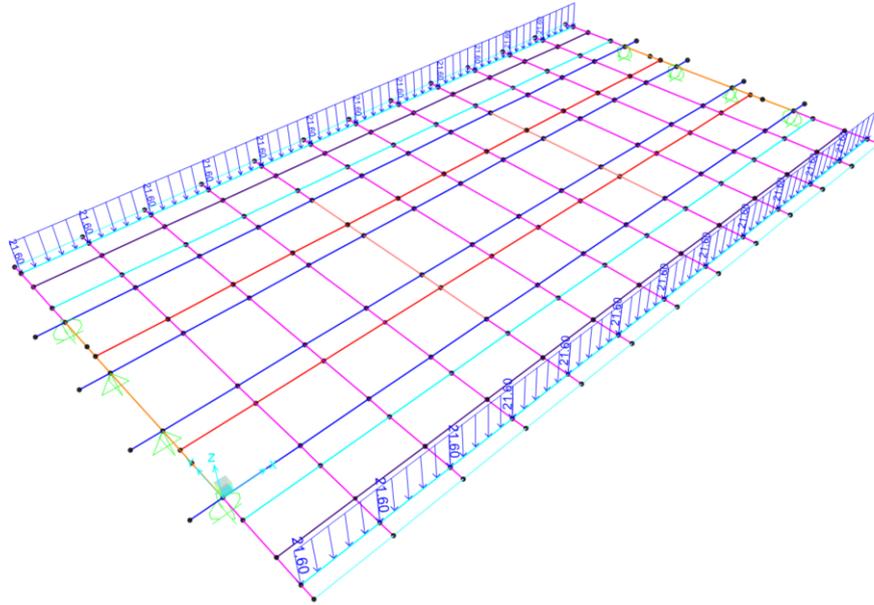


Figura 16 – modello fase 2 – Carico barriere a.r.

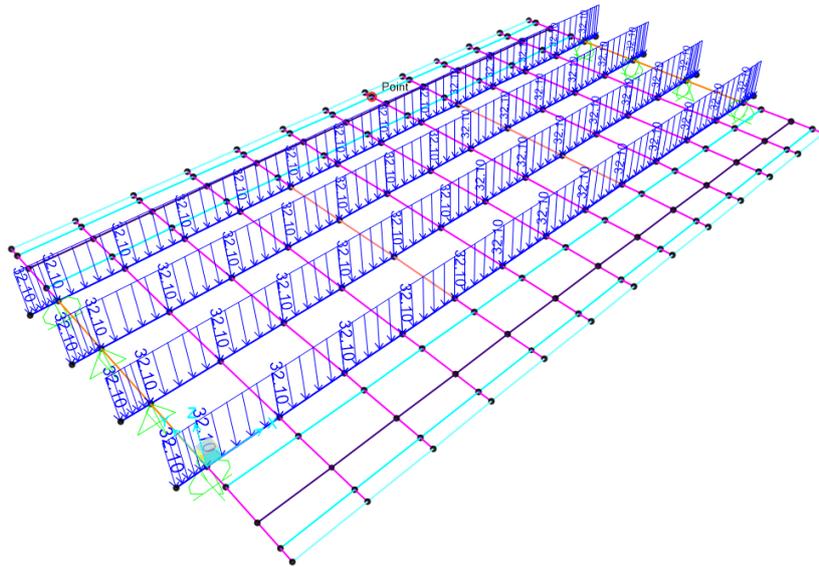
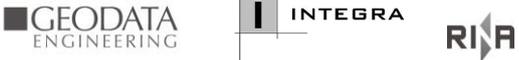


Figura 17 – modello fase 2 – Carico armamento

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 44 di 105

7.1.4 MODELLO FASE 3

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

Il carico da traffico viene applicato in corrispondenza delle linee di carico (frame rossi nell'immagine sottostante):

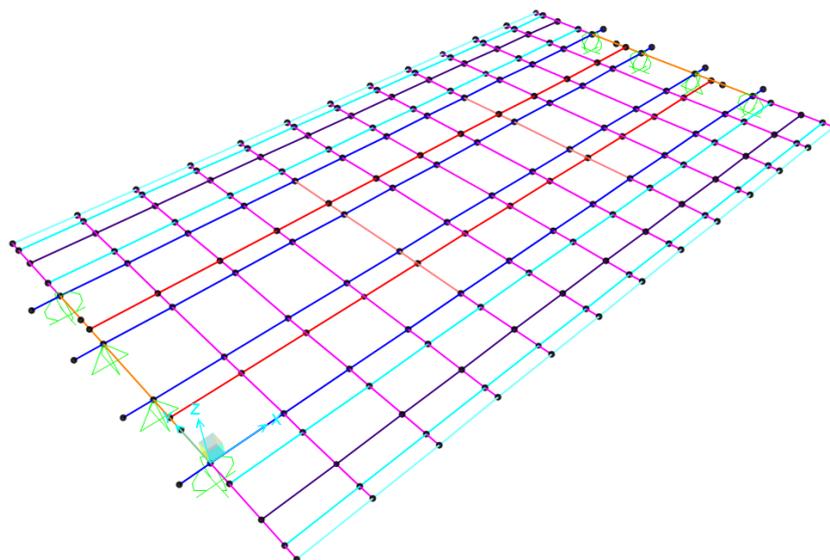


Figura 18 – modello di calcolo f.e.m. fase 3 – linee di carico

Per la considerazione del comportamento torsionale del modello a graticcio equivalente si è ipotizzato una ripartizione della rigidezza torsionale della soletta al 50% in direzione trasversale e al 50% in direzione longitudinale.

Le azioni considerate in questa fase sono i seguenti:

- Azioni da traffico ferroviario
 - o Carico verticale
 - o Forza di avviamento e frenatura
 - o Forza centrifuga
 - o Serpeggio
- Azione del vento
- Azione dovuta alla variazione termica differenziale
- Azione dovuta alle resistenze parassite dei vincoli.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	45 di 105

7.2 ANALISI MODALE

Dall'analisi modale dell'impalcato si ottiene la seguente frequenza corrispondente alla prima forma modale:

$f = 3.94$ Hz.

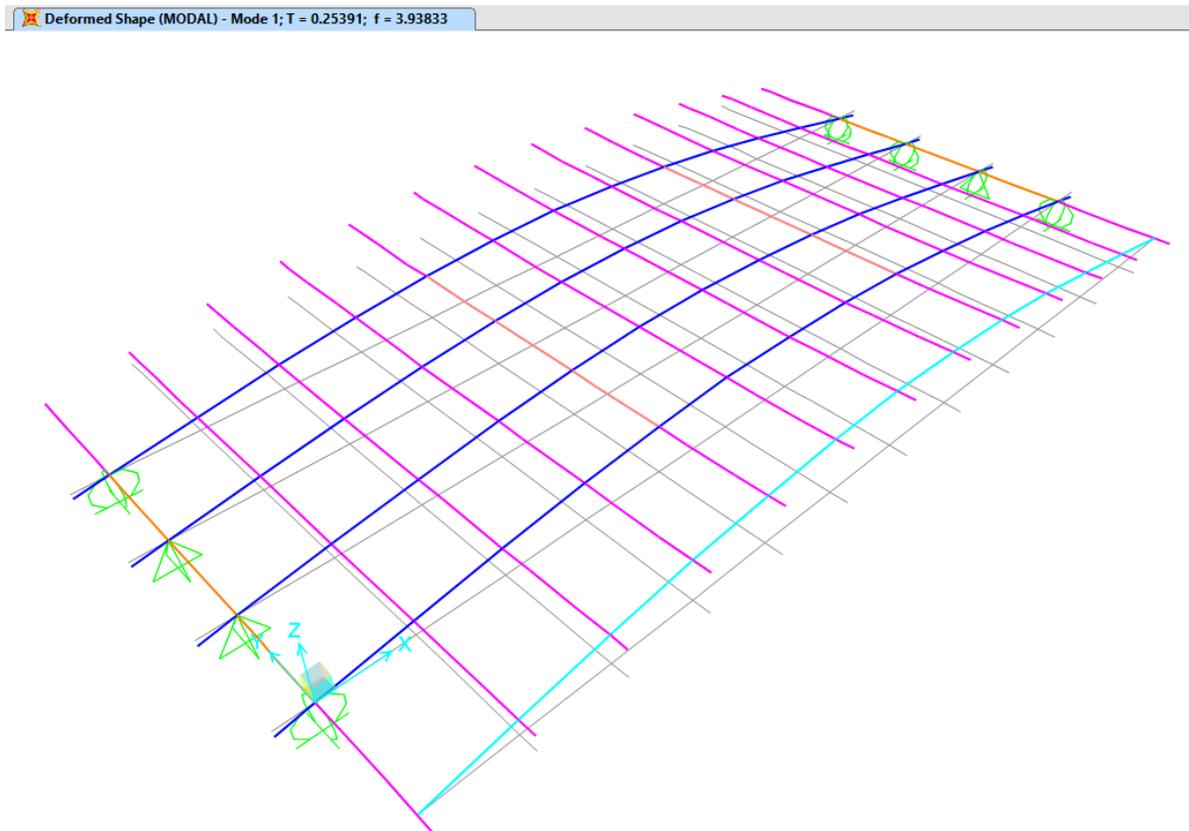


Figura 19 – modello di calcolo – analisi modale

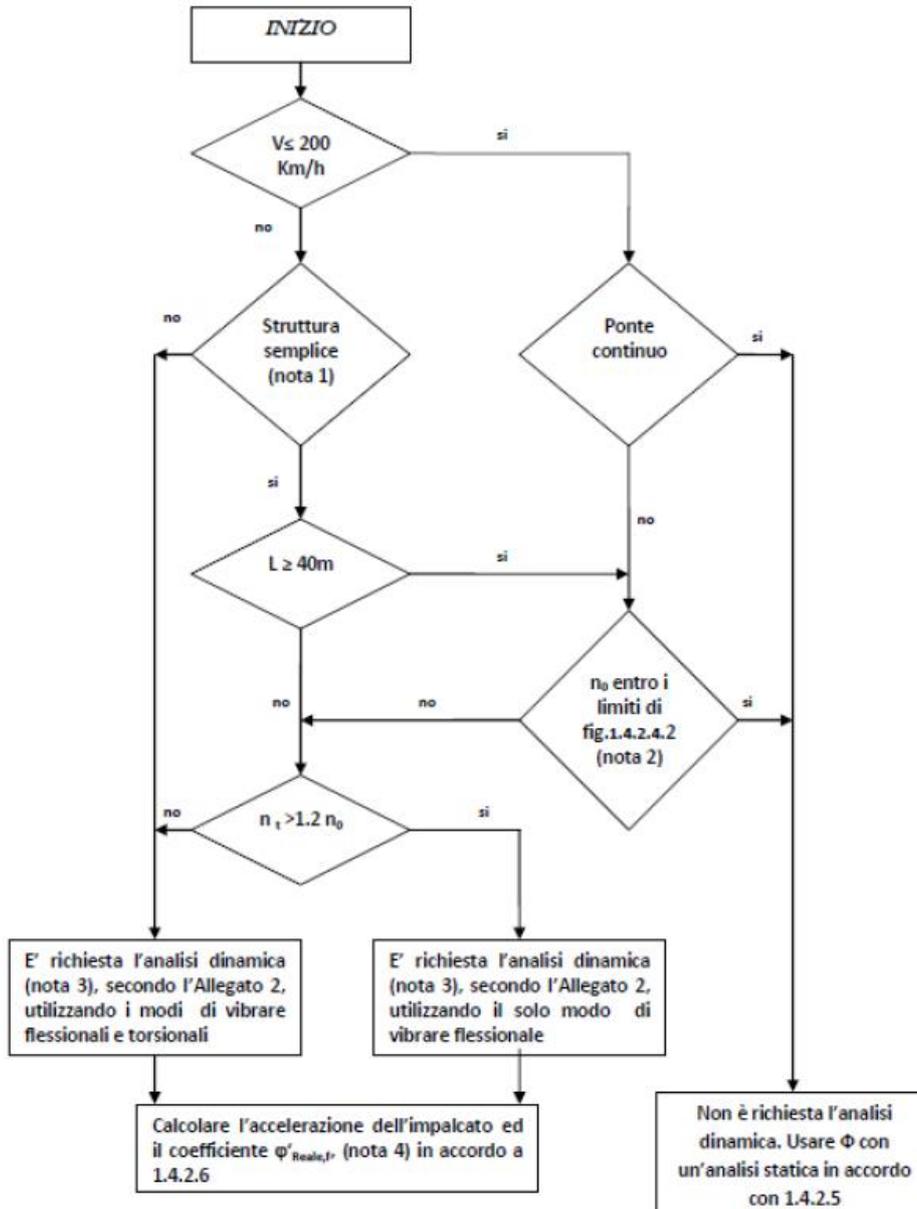
L'abbassamento massimo in mezzeria dovuto ai pesi propri (G1) e ai permanenti portati (G2) è:

$$\delta_0 = 20.7 \text{ mm.}$$

Si esegue la verifica dei requisiti per determinare la necessità o meno dell'analisi dinamica secondo quanto indicato nel seguente diagramma (*“Manuale di progettazione delle opere civili” – parte II – sezione 2 – Ponti e strutture*):

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	46 di 105



Per una trave semplicemente appoggiata la prima frequenza flessionale può essere valutata con la formula:

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

$$n_0 = 17.75 / \sqrt{\delta_0} = 3.9 \text{ Hz.}$$

Il limite superiore di n_0 è

$$n_0 = 94.76 * L^{-0.748} = 94.76 * (22.80\text{m})^{-0.748} = 9.14 \text{ Hz}$$

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	47 di 105

Il limite inferiore di n_0 è

$$n_0 = \frac{80}{L} \quad \text{per } 4 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$$

$$n_0 = 23,58 \cdot L^{-0,592} \quad \text{per } 20 \text{ m} < L \leq 100 \text{ m}$$

$n_0 = 3.70 \text{ Hz}$ (per il caso in esame con $L = 22.80\text{m}$)

Il valore della frequenza relativo all'impalcato in esame è compreso tra i limiti indicati, per cui non risulta necessaria la verifica dinamica dell'impalcato.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">VI0507 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">48 di 105</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	48 di 105
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	48 di 105								

7.3 COMBINAZIONI DI CARICO

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

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione
<p> Azione dominante</p> <p>(1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (Φ, α, ecc.)</p> <p>(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.</p>						

Tabella 1 - Valutazione dei carichi da traffico (da "Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei font ferroviari")

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	49 di 105

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

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

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

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

L'analisi ragionata delle combinazioni di carico previste dalla normativa ha consentito di ridurre il numero di combinazioni considerate.

Nella tabella seguente si riportano i valori di combinazioni adottati per analisi e verifiche. I valori riportati in tabella considerano già i coefficienti di combinazione previsti dalla normativa.

Tipo Combinazione	Combinazione	Azione principale	G1_pp	G1_perm	P_Precompr	gr_traffico	Tk_ΔT_unif	Tk_ΔT_lin	Fw_Vento	Ritiro	Viscosità
SLU	A1STR_gr1	gr1	1.35	1.5	1	1.45	0.72	0.72	0.9	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr2	gr2	1.35	1.5	1	1.45	0.72	0.72	0.9	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr3	gr3	1.35	1.5	1	1.45	0.72	0.72	0.9	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr1_Fw	Fw	1.35	1.5	1	1.16	0.72	0.72	1.5	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr2_Fw	Fw	1.35	1.5	1	1.16	0.72	0.72	1.5	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr3_Fw	Fw	1.35	1.5	1	1.16	0.72	0.72	1.5	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr1_Tk	Tk	1.35	1.5	1	1.45	1.2	1.2	0.9	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr2_Tk	Tk	1.35	1.5	1	1.45	1.2	1.2	0.9	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr3_Tk	Tk	1.35	1.5	1	1.45	1.2	1.2	0.9	1.2	1.2
SLV	SLV_gr1	Tk	1	1	1	0.2	0.5	0.5	0	1	1
SLV	SLV_gr3	Tk	1	1	1	0.2	0.5	0.5	0	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr1	gr1	1	1	1	1	0.6	0.6	0.6	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr2	gr2	1	1	1	1	0.6	0.6	0.6	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr3	gr3	1	1	1	1	0.6	0.6	0.6	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr1_Fw	Fw	1	1	1	0.8	0.6	0.6	1	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr2_Fw	Fw	1	1	1	0.8	0.6	0.6	1	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr3_Fw	Fw	1	1	1	0.8	0.6	0.6	1	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr1_Tk	Tk	1	1	1	0.8	1	1	0.6	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr2_Tk	Tk	1	1	1	0.8	1	1	0.6	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr3_Tk	Tk	1	1	1	0.8	1	1	0.6	1	1
FREQUENTE	FR_gr1	gr1	1	1	1	0.8	0.5	0.5	0	1	1

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	50 di 105

Tipo Combinazione	Combinazione	Azione principale	G1_pp	G1_perm	P_Precompr	gr_traffico	Tk_ΔT_unif	Tk_ΔT_lin	Fw_Vento	Ritiro	Viscosità
FREQUENTE	FR_gr2	gr2	1	1	1	0.8	0.5	0.5	0	1	1
FREQUENTE	FR_gr3	gr3	1	1	1	0.8	0.5	0.5	0	1	1
FREQUENTE	FR_gr1_Fw	Fw	1	1	1	0	0.5	0.5	0.5	1	1
FREQUENTE	FR_gr2_Fw	Fw	1	1	1	0	0.5	0.5	0.5	1	1
FREQUENTE	FR_gr3_Fw	Fw	1	1	1	0	0.5	0.5	0.5	1	1
FREQUENTE	FR_gr1_Tk	Tk	1	1	1	0	0.6	0.6	0	1	1
FREQUENTE	FR_gr2_Tk	Tk	1	1	1	0	0.6	0.6	0	1	1
FREQUENTE	FR_gr3_Tk	Tk	1	1	1	0	0.6	0.6	0	1	1
QP	QP_Tk	Tk	1	1	1	0	0.5	0.5	0	1	1
SLD	SLD_gr1	Tk	1	1	1	0	0.5	0.5	0	1	1
SLD	SLD_gr3	Tk	1	1	1	0	0.5	0.5	0	1	1

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

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

Legenda:

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

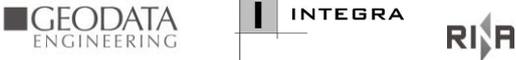
Gruppo 1 - avv (LM71) - gruppo 1 con treno di carico LM71 e corrispondenti azioni da traffico con avviamento

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

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

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

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 51 di 105

8 EFFETTI GLOBALI SU IMPALCATO – VERIFICHE TENSIONALI AGLI SLE

Per ogni fase sono verificate le tensioni ai lembi superiore ed inferiore della trave e, una volta che la soletta diventa collaborante, anche la tensione ai lembi superiore ed inferiore della soletta stessa. I limiti tensionali per l'acciaio da precompressione e per il calcestruzzo nelle varie fasi, sono definiti nel D.M. 14 Gennaio 2008 al §4.1.8.1 e nella Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001 "Specificazione per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario" del 21 Dicembre 2011.

I limiti tensionali considerati, tengono conto del livello di maturazione del cls, secondo quanto di seguito definito.

Fase 0 e 1:

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

Fase 2 e 3:

- test cls sup.soletta: si verifica che la tensione di compressione al lembo inferiore della sezione non sia superiore al limite $0.55 * f_{ck}$ per combinazioni rare, $0.40 * f_{ck}$ per combinazioni quasi permanenti.
- test cls inf.soletta: si verifica che la tensione di compressione al lembo inferiore della sezione non sia superiore al limite $0.55 * f_{ck}$ per combinazioni rare, $0.40 * f_{ck}$ per combinazioni quasi permanenti.
- test cls sup.: si verifica che la tensione di compressione al lembo superiore della sezione non sia superiore al limite $0.55 * f_{ck}$ per combinazioni rare, $0.40 * f_{ck}$ per combinazioni quasi permanenti.
- test cls inf.compr.: si verifica che la tensione di compressione al lembo inferiore della sezione non sia superiore al limite $0.55 * f_{ck}$ per combinazioni rare, $0.40 * f_{ck}$ per combinazioni quasi permanenti.
- test cls inf.trazione.: si verifica che il lembo inferiore della sezione non sia in trazione per i carichi considerati.
- test precomp.: si verifica che la tensione di trazione nell'armatura di precompressione non sia superiore al limite $0.75 * f_{pk}$.

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

- Sezione 1: sezione ringrossata all'appoggio ($x=0.75$ m), 46 trefoli
- Sezione 2: sezione corrente posta alla fine del tratto a sez. variabile ($x=2.55$ m), 46 trefoli
- Sezione 3: sezione corrente in corrispondenza del primo traverso intermedio ($x=8.35$ m), 70 trefoli
- Sezione 4: sezione corrente in mezzzeria ($x=12.15$ m), 70 trefoli

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

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	52 di 105

8.1 SOLLECITAZIONI

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

8.1.1 FASE 0 – CONDIZIONE A VUOTO

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

	M_{pp}	V_{pp}
	kNm	kN
Sezione 1	310	367
Sezione 2	905	295
Sezione 3	2136	107
Sezione 4	2340	0

8.1.2 FASE 1 – GETTO DELLA SOLETTA

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

	M_{pp}	V_{pp}	$M_{soletta}$	$V_{soletta}$
	kNm	kN	kNm	kN
Sezione 1	-14	367	-9	376
Sezione 2	581	295	614	317
Sezione 3	1812	107	1897	125
Sezione 4	2016	0	2135	0

8.1.3 FASE 2 – CARICHI PERMANENTI

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

	M_{perm}	V_{perm}
	kNm	kN
Sezione 1	-12	577
Sezione 2	1611	342
Sezione 3	2471	148
Sezione 4	3150	22

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	53 di 105

8.1.4 FASE 3 - CONDIZIONE DI SERVIZIO

Si riportano di seguito le sollecitazioni di taglio e flessione, dovute ai carichi variabili.

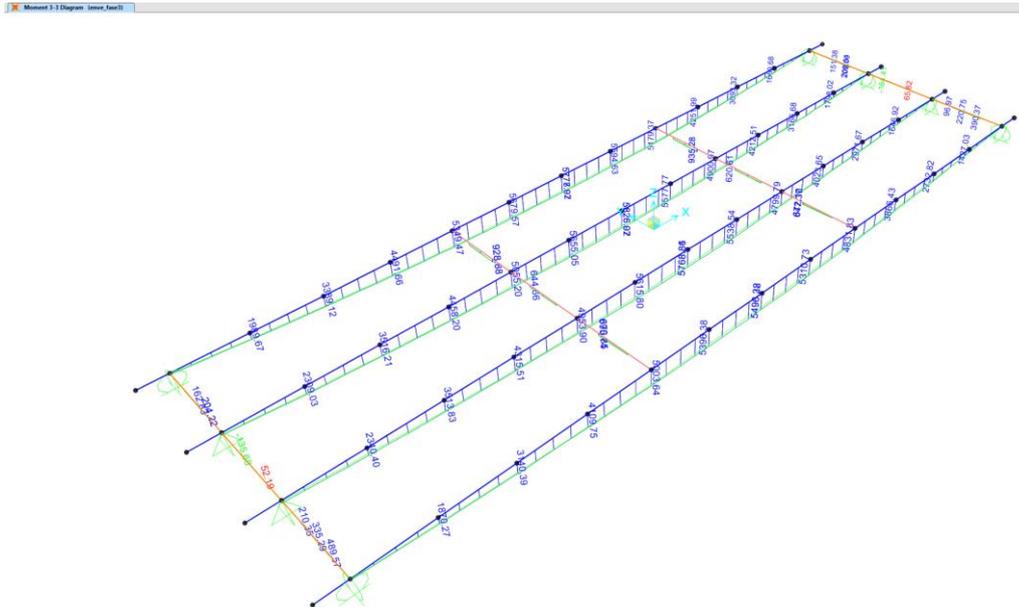


Figura 20 – Sollecitazioni inilivello dovute al carico del traffico (con relativa azione centrifuga) – massima flessione

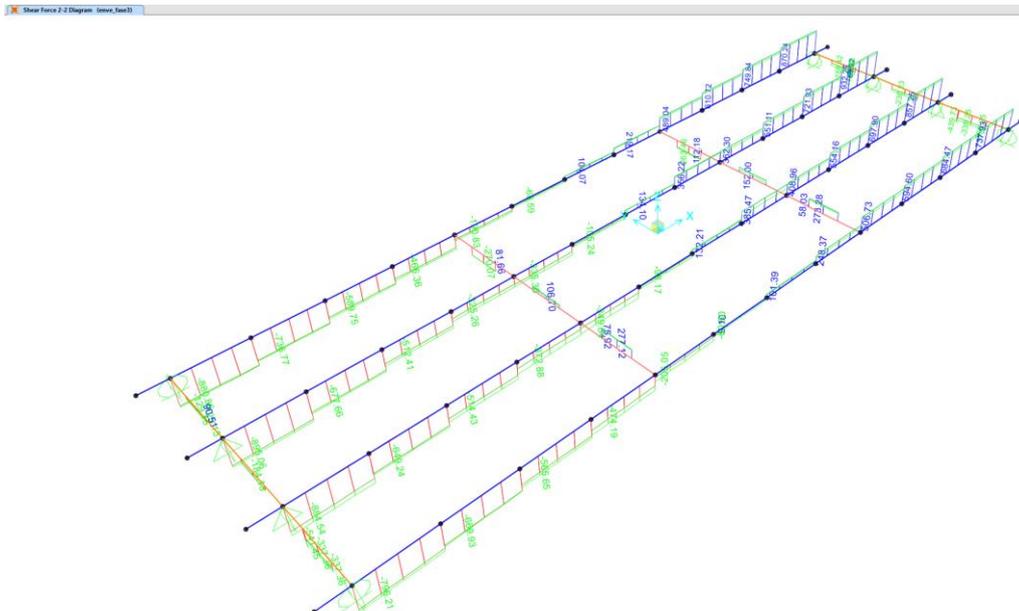


Figura 21 – Sollecitazioni inilivello dovute al carico del traffico (con relativa azione centrifuga) – massimo taglio

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	54 di 105

L'effetto della termica differenziale è stato valutato manualmente secondo quanto riportato nella tabella seguente:

Modulo Young cls	E	36283	MPa
Coeff. Dilatazione termica	αT	1.20E-05	1/s
gradiente termico	ΔT	2.5	°C
area soletta collaborante	A1cls	0.85	mq
Forza assiale sup	N1	930	kN
eccentricità 1	yG,sol-yG,trave	0.86	m
Momento	M1	800	kNm
area soletta inferiore	A2cls	0.351	mq
Forza assiale inf	N2	96	kN
eccentricità 2	yG,trave-yG,sol	1.31	m
Momento	M2	126	kNm
Risultanti	delta M	674	kNm
	delta N	834	kN

Si ottiene di conseguenza le seguenti sollecitazioni:

- Per le azioni da traffico ferroviario

	M _{treni,3fase}	V _{treni,3fase}
	kNm	kN
Sezione 1	319	832
Sezione 2	1954	658
Sezione 3	5287	418
Sezione 4	5710	41

- Per le azioni del vento

	M _{treni,3fase}	V _{treni,3fase}
	kNm	kN
Sezione 1	4	33
Sezione 2	57	16
Sezione 3	104	2
Sezione 4	113	1

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	55 di 105

- Totale fase 3

	M _{SLE,3fase}	V _{SLE,3fase}
	kNm	kN
Sezione 1	720	865
Sezione 2	2393	716
Sezione 3	5754	421
Sezione 4	6182	42

Le sollecitazioni indicate in tabella si riferiscono ai soli carichi variabili (traffico, vento, variazione termica e resistenze passive dei vincoli) nella combinazione SLE che comporta la condizione peggiore per la trave.

8.2 VERIFICHE TENSIONALI

Di seguito si riportano di seguito le verifiche tensionali previste per gli SLE.

8.2.1 MATERIALI

Calcestruzzo travi prefabbricate

Classe C45/55

$R_{ck} =$	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c =$	1.5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$\alpha_{cc} =$	1		coeff. rid. Per carichi di lunga durata (1;0,85)
$f_{cd} =$	30	MPa	resistenza di progetto
$f_{cm} =$	53	MPa	resistenza media
$f_{ctm} =$	3.80	MPa	resistenza media a trazione semplice
$E_{cm} =$	36283	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{c2} =$	0.20%		per classi inferiori a C50/60
$\epsilon_{cu2} =$	0.35%		per classi inferiori a C50/60

Calcestruzzo travi prefabbricate al trasferimento della precompressione

$R_{ckj} =$	42	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ckj} =$	34.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c =$	1.5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	56 di 105

$\alpha_{cc} =$	1	coeff. rid. Per carichi di lunga durata (1;0,85)
$f_{cd} =$	23.24	MPa resistenza di progetto
$f_{cm} =$	43	MPa resistenza media
$f_{ctm} =$	3.20	MPa resistenza media a trazione semplice
$E_{cm} =$	34044	MPa Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{c2} =$	0.20%	per classi inferiori a C50/60
$\epsilon_{cu2} =$	0.35%	per classi inferiori a C50/60
$0,7 \times f_{ck} =$	24	MPa Valore limite della tensione all'atto della precompressione
$0,6 \times f_{ck} =$	21	MPa Valore limite della tensione a cadute avvenute

Calcestruzzo soletta

Classe C32/40

$R_{ck} =$	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c =$	1.5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$\alpha_{cc} =$	1		coeff. rid. Per carichi di lunga durata (1;0,85)
$f_{cd} =$	21.33	MPa	resistenza di progetto
$f_{cm} =$	40	MPa	resistenza media
$f_{ctm} =$	3.02	MPa	resistenza media a trazione semplice
$E_{cm} =$	33346	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{c2} =$	0.20%		per classi inferiori a C50/60
$\epsilon_{cu2} =$	0.35%		per classi inferiori a C50/60

Acciaio da precompressione

Trefoli a basso rilassamento

$f_{pk} \geq$	1860	MPa	tensione caratteristica di rottura
$f_{p(0,1)k} \geq$	1670	MPa	tensione caratteristica allo 0,1% di def. Residua
$0,8 \times f_{pk} =$	1488	MPa	Tensione limite alla tesatura - Condiz.1
$0,9 \times f_{p(0,1)k} =$	1503	MPa	Tensione limite alla tesatura - Condiz.2
$\sigma_{p,max} =$	1488	MPa	Tensione massima alla tesatura (=min{cond.1;cond.2})
$\sigma_p =$	1400	MPa	Tensione alla tesatura $< \sigma_{p,max}$
$E_p =$	195000	MPa	Modulo elastico di progetto
$0,75 \times f_{pk} =$	1395		Tensione alla tesatura dopo trasf. - Condiz.1

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO**

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	57 di 105

$0,85 \times f_{p(0,1)k} = 1420$

Tensione alla tesatura dopo trasf. - Condiz.2

$\sigma_{p0,max} = 1395$

Tensione massima alla tesatura a perdite immediate avvenute

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	58 di 105

8.2.2 MASCHERA PRECOMPRESSIONE

8.2.2.1 PRECOMPRESSIONE TIPO 1 – SEZIONE CORRENTE

strato	n. trefoli	A trefolo (0.6")	$y_{p,i}$	$A_{p,i}$	$y_{p,i} \times A_{p,i}$	Nprec
[-]	[-]	[cm ²]	[cm]	[cm ²]	[cm ³]	[kN]
1	2	1.39	204.0	2.78	567.12	-389.2
2	2	1.39	117.0	2.78	325.26	-389.2
3	2	1.39	110.0	2.78	305.8	-389.2
4	2	1.39	103.0	2.78	286.34	-389.2
5	2	1.39	96.0	2.78	266.88	-389.2
6	2	1.39	89.0	2.78	247.42	-389.2
7	2	1.39	82.0	2.78	227.96	-389.2
8	2	1.39	75.0	2.78	208.5	-389.2
9	2	1.39	68.0	2.78	189.04	-389.2
10	2	1.39	61.0	2.78	169.58	-389.2
11	2	1.39	36.6	2.78	101.748	-389.2
12	2	1.39	29.6	2.78	82.288	-389.2
13	4	1.39	20.6	5.56	114.536	-778.4
14	14	1.39	15.6	19.46	303.576	-2724.4
15	14	1.39	11.1	19.46	216.006	-2724.4
16	14	1.39	6.6	19.46	128.436	-2724.4
	70					

Ap 97.30 cm²

yG,p 38.44 cm

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	59 di 105

8.2.2.2 PRECOMPRESSIONE TIPO 2 – SEZIONE APPOGGIO

strato	n. trefoli	A trefolo (0.6")	$y_{p,i}$	$A_{p,i}$	$y_{p,i} \times A_{p,i}$	Nprec
[-]	[-]	[cm ²]	[cm]	[cm ²]	[cm ³]	[kN]
1	2	1.39	204.0	2.78	567.12	-389.2
2	2	1.39	117.0	2.78	325.26	-389.2
3	2	1.39	110.0	2.78	305.8	-389.2
4	2	1.39	103.0	2.78	286.34	-389.2
5	2	1.39	96.0	2.78	266.88	-389.2
6	2	1.39	89.0	2.78	247.42	-389.2
7	2	1.39	82.0	2.78	227.96	-389.2
8	2	1.39	75.0	2.78	208.5	-389.2
9	2	1.39	68.0	2.78	189.04	-389.2
10	2	1.39	61.0	2.78	169.58	-389.2
11	2	1.39	36.6	2.78	101.748	-389.2
12	2	1.39	29.6	2.78	82.288	-389.2
13	4	1.39	20.6	5.56	114.536	-778.4
14	6	1.39	15.6	8.34	130.104	-1167.6
15	6	1.39	11.1	8.34	92.574	-1167.6
16	6	1.39	6.6	8.34	55.044	-1167.6

nr trefoli 46

Ap 63.94 cm²
yG,p 52.71 cm

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	60 di 105

8.2.3 CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI

Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0.75	2.55	8.35	12.15	
Precompr.	-	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 1	
n		5.4	5.4	5.4	5.4	Coeff. di omogeneizzazione acciaio da precompressione
A _{cls} =	mmq	1973000	1093000	1093000	1093000	Area lorda sezione CLS
A _p =	mmq	6394	6394	9730	9730	Area armatura di precompressione
A* =	mmq	2030990	1150990	1168919	1168919	Area omogeneizzata (si considera la presenza di armatura lenta)
y _{G,cls} =	mm	961	915	915	915	Baricentro sezione cls
y _{G,p} =	mm	529	529	385	385	Baricentro armatura precompressione
y* _{G,cls} =	mm	954	905	893	893	Baricentro sezione cls omogeneizzata
I _{cls} =	mm ⁴	8.85E+11	5.90E+11	5.90E+11	5.90E+11	Inerzia sezione cls
I* _{cls} =	mm ⁴	8.92E+11	5.95E+11	6.04E+11	2.10E+03	Inerzia sezione cls omogeneizzata
H _{sez} =	mm	2100	2100	2100	2100	Altezza sezione
y _{sup} =	mm	1146	1195	1207	1207	distanza del lembo sup. da y* _{G,cls}
y _{inf} =	mm	954	905	893	893	distanza del lembo inf. da y* _{G,cls}
e	mm	425	376	508	508	Eccentricità cavo risultante
W* _{sup} =	mmc	-7.78E+08	-4.98E+08	-5.00E+08	-5.00E+08	Modulo di res. Lembo sup.
W* _{inf} =	mmc	9.35E+08	6.57E+08	6.76E+08	6.76E+08	Modulo di res. Lembo inf.

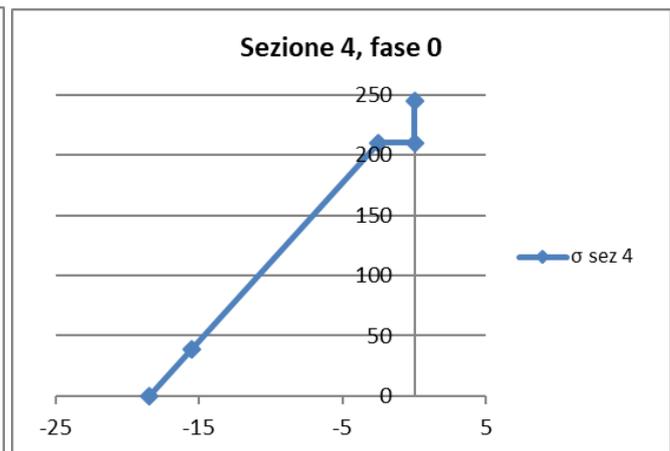
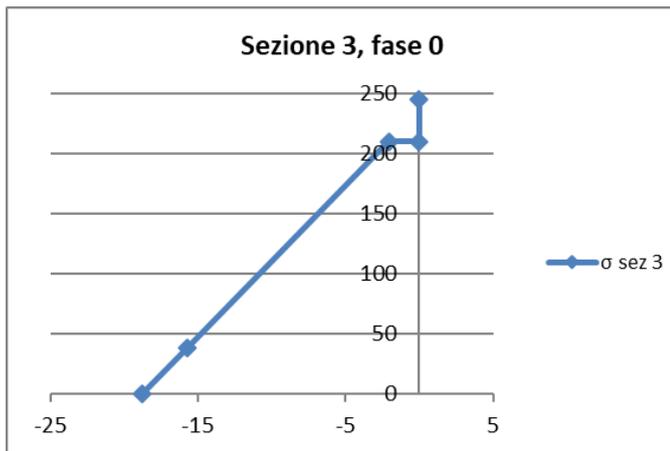
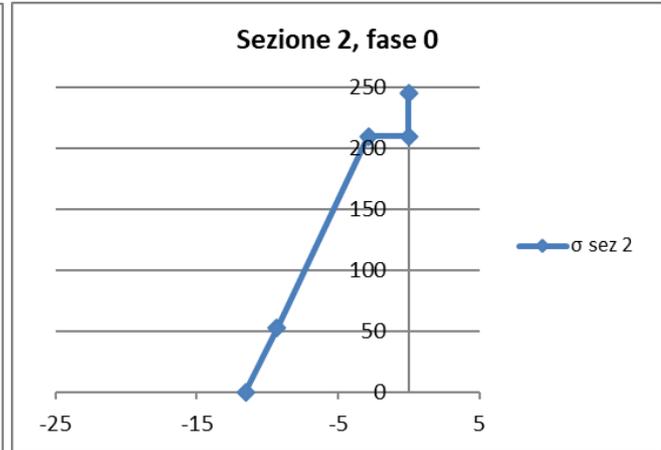
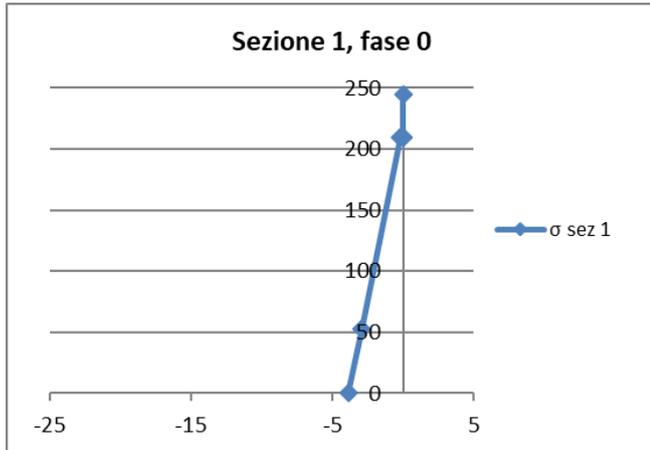
8.2.4 FASE 0

Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0.75	2.55	8.35	12.15	
N _{prec}	[kN]	-8952	-8952	-13622	-13622	Precompressione alla tesatura
M _{prec}	[kN-m]	-3805	-3369	-6917	-6917	Momento di Precompressione alla tesatura
c - trasferim.	-	0.5	1	1	1	coefficiente di trasferimento precompressione
N* _{prec}	[kN]	-4476	-8952	-13622	-13622	Parte di Precompressione trasferita alla tesatura
M* _{prec}	[kN-m]	-1902	-3369	-6917	-6917	Parte di Momento di Precompressione trasferito alla tesatura
M* _{pp}	[kN-m]	310	905	2136	2340	Momento dovuto al peso proprio - L=L _{trave}
σ* _{c,sup} =	MPa	-0.16	-2.83	-2.10	-2.51	Tensione nel cls al lembo superiore della sezione
σ* _{c,inf} =	MPa	-3.90	-11.53	-18.73	-18.42	Tensione nel cls al lembo inferiore della sezione
σ* _{c,yGp} =	MPa	-2.96	-9.34	-15.67	-15.50	Tensione nel cls fibra cavo risultante
Δσ _{p0} =	MPa	0	0	0	0	Perdite immediate per rientro ancoraggi
Δσ _{p0,elast.} =	MPa	35.57	56.70	99.97	99.97	Perdite immediate per deformazione elastica
σ* _{pi} =	MPa	-683.06	-1346.58	-1310.31	-1311.29	Tensione nel cavo a perdite iniziali avvenute
test cls sup.	-	OK	OK	OK	OK	σ* _{c,sup} > 0 ?
test cls inf.	-	OK	OK	OK	OK	σ* _{c,inf} < 0,6 x f _{ck} ?
test precompr.	-	OK	OK	OK	OK	σ* _{pi} < σ _{p0,max} ?

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	61 di 105

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



8.2.5 FASE 1

Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0.75	2.55	8.35	12.15	
$\Delta\sigma_{pr}$	MPa	93	93	93	93	Perdita per rilassamento al tempo t = 500,000h
$\epsilon_{cs,1}$	-	0.000376	0.000376	0.000376	0.000376	Deformazione totale da ritiro $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$
E_p	MPa	195000	195000	195000	195000	Modulo elastico di progetto acciaio da prec.
E_{cm}	MPa	36283	36283	36283	36283	Modulo elastico di progetto cls travi
$\varphi_1(t^*,t_0)$	-	2.06	2.06	2.06	2.06	Coeff. di viscosità fase 1 (trave prefabbricata)
A_p	mmq	6394	6394	9730	9730	Area armatura di precompressione
A_c	mmq	1973000	1093000	1093000	1093000	Area lorda sezione CLS
I_c	mm4	8.85E+11	5.90E+11	5.90E+11	5.90E+11	Inerzia sezione cls
I^*_{cls}	mm4	8.92E+11	5.95E+11	6.04E+11	6.04E+11	Inerzia sezione cls omogeneizzata
z_{cp}	mm	425	376	508	508	Eccentricità cavo risultante

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	62 di 105

Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0.75	2.55	8.35	12.15	
n _{cls} =	-	1.088	1.088	1.088	1.088	
s _{soletta} =	mm	350	350	350	350	
b _{sol, coll.} =	mm	2440	2440	2440	2440	
n		5.4	5.4	5.4	5.4	
A _{cls} =	mmq	1973000	1093000	1093000	1093000	
A _p =	mmq	6394	6394	9730	9730	
A* =	mmq	2719910	1837686	1855615	1855615	Area omogeneizzata
y _{G,cls} =	mm	961	915	915	915	Baricentro sezione cls
y _{G,p} =	mm	529	529	385	385	Baricentro armatura precompressione
y* _{G,cls} =	mm	1307	1446	1433	1433	Baricentro sezione cls omogeneizzata
I* _{cls+sol} =	mm ⁴	1.83E+12	1.437E+12	1.466E+12	1.466E+12	Inerzia sezione cls omogeneizzata
H _{sez, tr+sol} =	mm	2450	2450	2450	2450	Altezza sezione trave + soletta
y _{sup, sol} =	mm	1143	1004	1017	1017	distanza del lembo sup. della soletta da y* _{G,cls}
y _{inf, sol} =	mm	793	-1446	-1433	667	distanza del lembo inf. della soletta da y* _{G,cls}
y _{sup, trave} =	mm	793	-1446	-1433	667	distanza del lembo sup. della trave da y* _{G,cls}
y _{inf, trave} =	mm	1307	1446	1433	1433	distanza del lembo inf. della trave da y* _{G,cls}
e	mm	778	916	1047	1047	eccentricità cavo risultante
W* _{sup, sol} =	mmc	-1.60E+09	-1.43E+09	-1.44E+09	-1.44E+09	Modulo di res. Lembo sup. soletta
W* _{inf, sol} =	mmc	-2.17E+09	-2.04E+09	-2.04E+09	-2.04E+09	Modulo di res. Lembo inf. soletta
W* _{sup, trave} =	mmc	-2.30E+09	-2.2E+09	-2.20E+09	-2.20E+09	Modulo di res. Lembo sup. trave
W* _{inf, trave} =	mmc	1.40E+09	994092687	1.02E+09	1.02E+09	Modulo di res. Lembo inf. trave
E _p =	MPa	195000	195000	195000	195000	Modulo elastico di progetto acciaio da prec.

Ritiro trave fase 1

ε _{cs} =	-	1.69E-04	1.69E-04	1.69E-04	1.69E-04	Residuo Deformazione totale da ritiro ε _{cs} = ε _{cd} + ε _{ca}
ε _{cs,soletta} =		3.09E-04	3.09E-04	3.09E-04	3.09E-04	nella trave ancora da scontare
Δε _{cs,soletta} =		0.000140	0.000140	0.000140	0.000140	Deformazione totale da ritiro ε _{cs} = ε _{cd} + ε _{ca} nella soletta
E _{cm} =	MPa	36283	36283	36283	36283	Ritiro differenziale Soletta-Trave
E _{cm,soletta} =	MPa	33346	33346	33346	33346	Modulo elastico di progetto cls travi
n _{cls} =	-	1.088	1.088	1.088	1.088	Modulo elastico di progetto cls soletta
E' _{cm,soletta} =	MPa	12117	12117	12117	12117	Coeff. omogeneizzazione tra cls soletta e CAP
σ _{c,soletta} =	MPa	1.6939	1.6939	1.6939	1.6939	Modulo elastico di progetto cls soletta (eff.viscosi)
N _{Ritiro differenziale}	[kN]	-1447	-1447	-1447	-1447	Tensioni fittizie da ritiro nella soletta
M _{Ritiro differenziale}	[kNm]	1437	1236	1255	1255	Sforzo assiale da ritiro differenziale Soletta-Trave

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	63 di 105

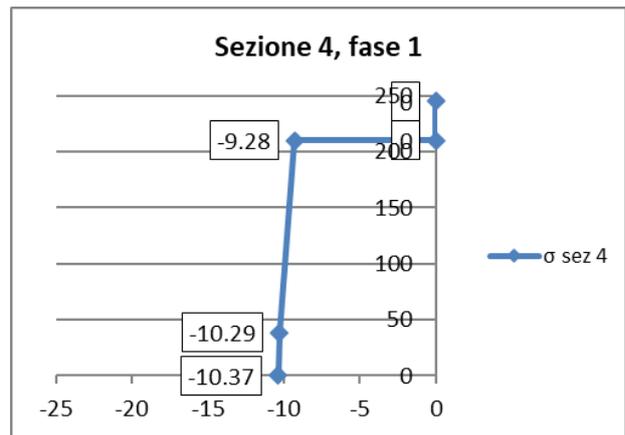
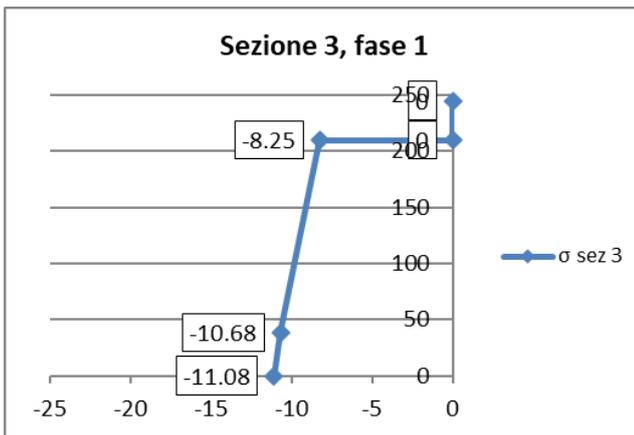
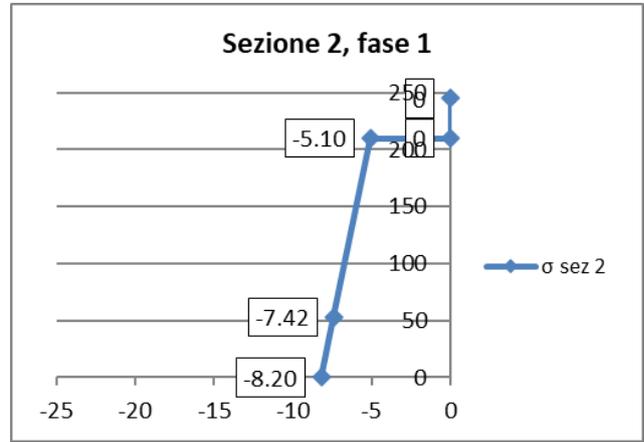
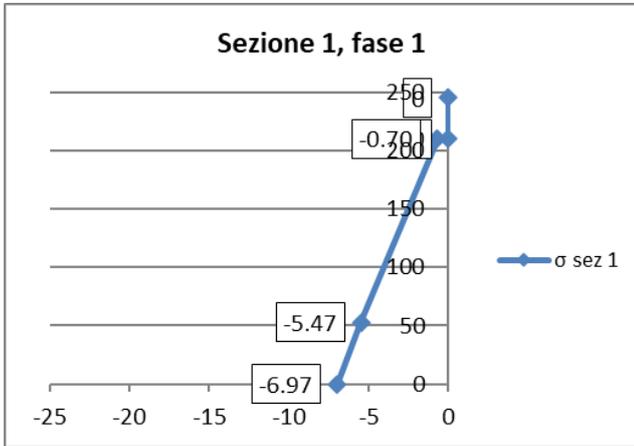
Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0.75	2.55	8.35	12.15	
$\Delta\sigma_{c,sup, Sol} =$	MPa	-1.43	-1.65	-1.65	-1.65	Momento dovuto al ritiro differenziale Soletta-Trave
$\Delta\sigma_{c,inf, Sol} =$	MPa	-1.19	-1.39	-1.39	-1.39	Variazione di tensione Lembo sup. soletta
$\Delta\sigma_{c,sup, Trave} =$	MPa	-1.16	-1.35	-1.35	-1.35	Variazione di tensione Lembo inf. soletta
$\Delta\sigma_{c,inf, Trave} =$	MPa	0.50	0.46	0.45	0.45	Variazione di tensione Lembo sup. trave
$\Delta\sigma_{c,yGp} =$	MPa	0.08	0.00	0.12	0.12	Variazione di tensione Lembo inf. trave
$\Delta\sigma_{pi,rit} =$	MPa	-0.43	-0.01	-0.63	-0.63	Variazione di tensione fibra corrisp. al cavo

Sollecitazione di fase 1						
ψ_2	-	0	0	0	0	Coeff. di combinazione carico variabile
M_Q	[kNm]	0	0	0	0	Momento dovuto ai carichi variabili - L=L _{appoggi}
M_{pp}	[kNm]	-14	581	1812	2016	Momento dovuto al peso proprio - L=L _{appoggi}
$M_{soletta}$	[kNm]	-12	861	2529	2847	Momento dovuto al getto della soletta
$\sigma_{p,i}$	MPa	-1400	-1400	-1400	-1400	$\sigma_p - \Delta\sigma_{p0}$ (tens. Alla tesatura-perdite per rientro ancoraggi)
N_{prec}	[kN]	-8952	-8952	-13622	-13622	Precompressione iniziale
M_{prec}	[kNm]	-3805	-3369	-6917	-6917	Momento di precompressione iniziale
$\sigma_{c,QP} =$	MPa	-5.47	-7.42	-10.68	-10.29	Tensione nel cls in corrisp. del cavo
$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$	MPa	170.76	223.25	251.88	247.81	Perdite per rit. visc. e rilassamento
ΔN_{prec}	[kN]	1092	1427	2451	2411	Riduzione precompressione
$\sigma_{c,sup} =$	MPa	-0.70	-5.10	-8.25	-9.28	Tensione nel cls al lembo superiore della sezione
$\sigma_{c,inf} =$	MPa	-6.97	-8.20	-11.08	-10.37	Tensione nel cls al lembo inferiore della sezione
$\sigma_{c,yGp} =$	MPa	-5.47	-7.42	-10.68	-10.29	Tensione nel cls fibra cavo risultante
$\sigma_{pi} =$	MPa	-682.15	-1348.20	-1319.65	-1322.01	Tensione nel cavo
test cls sup.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma_{c,sup}^* > 0$?
test cls inf.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma_{c,inf}^* < 0,6 \times f_{ck}$?
test precompr.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma_{pi}^* < \sigma_{p0,max}$?

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

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	64 di 105



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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	65 di 105

8.2.6 FASE 2

Si considerano le perdite da viscosità, ritiro e rilassamento attraverso la formula di interdipendenza, riportata di seguito, ed applicate interamente alla sola trave.

$$\Delta P_{c+s+r} = A_p \Delta \sigma_{p,c+s+r} = A_p \frac{\epsilon_{cs} E_p + 0,8 \Delta \sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \varphi(t, t_0) \cdot \sigma_{c,Qp}}{1 + \frac{E_p A_p}{E_{cm} A_c} \left(1 + \frac{A_c}{I_c} z_{cp}^2 \right) [1 + 0,8 \varphi(t, t_0)]}$$

L'effetto di viscosità relativo al calcestruzzo della soletta viene computato considerando un coefficiente di omogeneizzazione differente, secondo la relazione seguente:

$$n'_{cls} = n_{cls} * (1 + 0,8 * \varphi(t^*, t_0))$$

Solicitazioni fase 2						
Sezione	-	1	2	3	4	
ascissa x	[m]	0.75	2.55	8.35	12.15	
ψ_2	-	0	0	0	0	Coeff. di combinazione carico variabile
M _Q	[kNm]	0	0	0	0	Momento dovuto ai carichi variabili - L=L _{appoggi}
M _{Permanenti}	[kNm]	-12	1611	2471	3150	Momento dovuto ai carichi permanenti portati
$\Delta \sigma_{c,sup, Sol} =$	MPa	-0.01	-2.12	-3.23	-4.11	Variazione di tensione Lembo sup. soletta
$\Delta \sigma_{c,inf, Sol} =$	MPa	0.01	-1.63	-2.49	-3.17	Variazione di tensione Lembo inf. soletta
$\Delta \sigma_{c,sup, Trave} =$	MPa	0.01	-1.55	-2.37	-3.02	Variazione di tensione Lembo sup. trave
$\Delta \sigma_{c,inf, Trave} =$	MPa	-0.01	1.87	2.79	3.56	Variazione di tensione Lembo inf. trave
$\Delta \sigma_{c,\gamma Cp} =$	MPa	-0.01	1.01	1.84	2.35	Variazione di tensione fibra corrisp. al cavo
$\Delta \sigma_{pi} =$	MPa	0.03	-5.43	-9.92	-12.64	Variazione di tensione nel cavo

rilassamento						
$\Delta \sigma_{pr}$	MPa	0	0	0	0	Perdita per rilassamento residua (inserire 0, se già scontata nella fase precedente)

ritiro differenziale trave soletta						
$\epsilon_{cs} =$	-	0.000169	0.000169	0.000169	0.000169	Residuo Deformazione totale da ritiro $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$
$\epsilon_{cs,soletta} =$		0.000309	0.000309	0.000309	0.000309	nella trave ancora da scontare
$\Delta \epsilon_{cs,soletta} =$		0.000140	0.000140	0.000140	0.000140	Deformazione totale da ritiro $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$ nella soletta
$E_{cm} =$	MPa	36283	36283	36283	36283	Ritiro differenziale Soletta-Trave
$E_{cm,soletta} =$	MPa	33346	33346	33346	33346	Modulo elastico di progetto cls travi
$n_{cls} =$	-	1.088	1.088	1.088	1.088	Modulo elastico di progetto cls soletta
$E'_{cm,soletta} =$	MPa	12117	12117	12117	12117	Coeff. omogeneizzazione tra cls soletta e CAP
$\sigma_{c,soletta} =$	MPa	1.6939	1.6939	1.6939	1.6939	Modulo elastico di progetto cls soletta (eff.viscosi)
$\Delta \sigma_{c,sup, Sol} =$	MPa	1.69	1.69	1.69	1.69	Tensioni fittizia da ritiro nella soletta
$\Delta \sigma_{c,inf, Sol} =$	MPa	1.69	1.69	1.69	1.69	Variazione di tensione Lembo sup. soletta
$\Delta \sigma_{c,sup, Trave} =$	MPa	0.00	0.00	0.00	0.00	Variazione di tensione Lembo inf. soletta

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	66 di 105

$\Delta\sigma_{c,inf,Trave} =$	MPa	0.00	0.00	0.00	0.00	Variazione di tensione Lembo sup. trave
$\Delta\sigma_{c,yGp} =$	MPa	0.00	0.00	0.00	0.00	Variazione di tensione Lembo inf. trave
$\Delta\sigma_{pi,rit} =$	MPa	0.00	0.00	0.00	0.00	Variazione di tensione fibra corrisp. al cavo

viscosità						
$\phi(t^*, t_0)$	-	2.19	2.19	2.19	2.19	Coeff. di viscosità fase 2 (soletta)
$n_{cls} =$		1.088	1.088	1.088	1.088	Coeff. omogeneizzazione tra cls soletta e CAP
$n'_{cls} =$	-	2.99	2.99	2.99	2.99	$n_{cls} \times (1+0,8 \times j(t^*, t_0))$
$s_{soletta} =$	mm	350	350	350	350	Spessore soletta
$b_{soletta, collab.} =$	mm	2440	2440	2440	2440	Larghezza collaborante soletta
n	-	5.4	5.4	5.4	5.4	Coeff. di omogeneizzazione acciaio da precompressione
$A_{cls} =$	mmq	1973000	1093000	1093000	1093000	Area lorda sezione CLS
$A_{cls,soletta} =$	mmq	8540000	8540000	8540000	8540000	Area lorda sezione CLS soletta (comprensiva della predalle, sp. 5cm)
$A_p =$	mmq	6394	6394	9730	9730	Area armatura di precompressione
$A^* =$	mmq	2277669	1395444	1413373	1413373	Area omogeneizzata
$y_{G,p} =$	mm	529	529	385	385	Baricentro armatura precompressione
$y^*_{G,cls} =$	mm	1099	1150	1137	1137	Baricentro sezione cls omogeneizzata
$I^*_{cls+sol} =$	mm4	1.289E+12	9.888E+11	1.006E+12	1.006E+12	Inerzia sezione cls omogeneizzata
$H_{sez,tr+sol} =$	mm	2450	2450	2450	2450	Altezza sezione trave + soletta
$y_{sup,sol} =$	mm	1351	1300	1313	1313	distanza del lembo sup. della soletta da $y^*_{G,cls}$
$y_{inf,sol} =$	mm	1001	950	963	963	distanza del lembo inf. della soletta da $y^*_{G,cls}$
$y_{sup,trave} =$	mm	1001	950	963	963	distanza del lembo sup. della trave da $y^*_{G,cls}$
$y_{inf,trave} =$	mm	1099	1150	1137	1137	distanza del lembo inf. della trave da $y^*_{G,cls}$
e	mm	569	621	751	751	eccentricità cavo risultante
$W^*_{sup,sol} =$	mmc	-9.54E+08	-7.60E+08	-7.66E+08	-7.66E+08	Modulo di res. Lembo sup. soletta
$W^*_{inf,sol} =$	mmc	-1.23E+09	-9.89E+08	-9.92E+08	-9.92E+08	Modulo di res. Lembo inf. soletta
$W^*_{sup,trave} =$	mmc	-1.29E+09	-1.04E+09	-1.04E+09	-1.04E+09	Modulo di res. Lembo sup. trave
$W^*_{inf,trave} =$	mmc	1.17E+09	8.60E+08	8.85E+08	8.85E+08	Modulo di res. Lembo inf. trave
$E_p =$	MPa	195000	195000	195000	195000	Modulo elastico di progetto acciaio da prec.

Tensioni totali di Fase 2 a cadute avvenute						
$\Delta\sigma_{c,sup,Sol} =$	MPa	1.71	-0.42	-1.53	-2.42	Variazione di tensione Lembo sup. soletta
$\Delta\sigma_{c,inf,Sol} =$	MPa	1.70	0.06	-0.80	-1.48	Variazione di tensione Lembo inf. soletta
$\Delta\sigma_{c,sup,Trave} =$	MPa	0.01	0.01	0.01	0.01	Variazione di tensione Lembo sup. trave
$\Delta\sigma_{c,inf,Trave} =$	MPa	-0.01	1.87	2.79	3.56	Variazione di tensione Lembo inf. trave
$\Delta\sigma_{c,yGp} =$	MPa	-0.01	1.01	1.84	2.35	Variazione di tensione fibra corrisp. al cavo
$\Delta\sigma_{pi,v} =$	MPa	0.03	-5.43	-9.92	-12.64	Variazione di tensione nel cavo

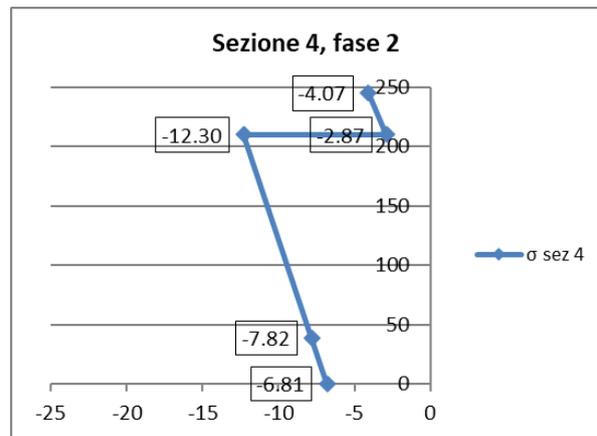
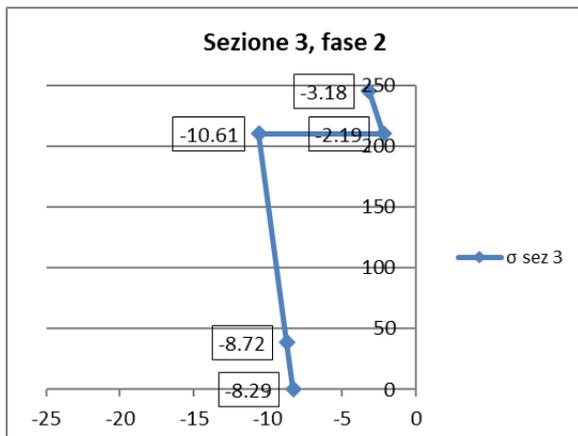
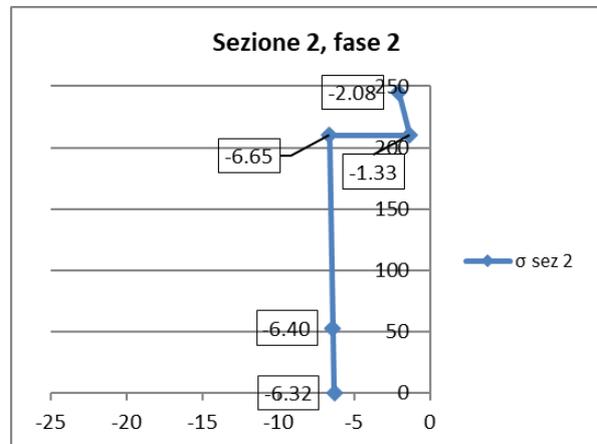
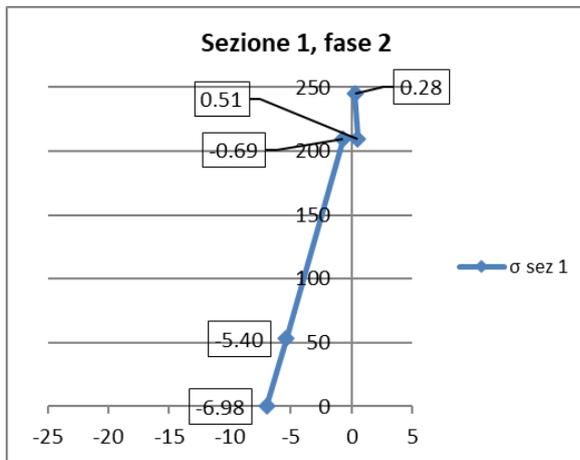
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	67 di 105

Tensioni totali a cadute avvenute

$\sigma_{c,sup, Sol} =$	MPa	0.28	-2.08	-3.18	-4.07	tensione Lembo sup. soletta
$\sigma_{c,inf, Sol} =$	MPa	0.51	-1.33	-2.19	-2.87	tensione Lembo inf. soletta
$\sigma_{c,sup, Trave} =$	MPa	-0.69	-6.65	-10.61	-12.30	tensione Lembo sup. trave
$\sigma_{c,inf, Trave} =$	MPa	-6.98	-6.32	-8.29	-6.81	tensione Lembo inf. trave
$\sigma_{c,yGp} =$	MPa	-5.40	-6.40	-8.72	-7.82	tensione fibra corrisp. al cavo
$\sigma_p =$	MPa	-682.55	-1353.64	-1330.19	-1335.28	tensione nel cavo
test cls sup.soletta	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$
test cls inf.soletta	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$
test cls sup.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$
test cls inf.compr.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$
test cls inf.trazione	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c > 0 ?$
test precompr.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_p < \sigma_{p0,max} ?$

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



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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	68 di 105

8.2.7 FASE 3

Sollecitazioni fase 3

ψ_2	-	1	1	1	1	Coeff. di combinazione carico variabile
M_Q	[kN-m]	-91	2495	5878	6303	Momento dovuto ai carichi variabili - L=L _{appoggi}
$M_{Permanenti}$	[kN-m]	0	0	0	0	Momento dovuto ai carichi permanenti

Tensioni totali di Fase 3

$\Delta\sigma_{c,sup, Sol} =$	MPa	0.28	-2.08	-3.18	-4.07	Variazione di tensione Lembo sup. soletta
$\Delta\sigma_{c,inf, Sol} =$	MPa	0.51	-1.33	-2.19	-2.87	Variazione di tensione Lembo inf. soletta
$\Delta\sigma_{c,sup, Trave} =$	MPa	-0.69	-6.65	-10.61	-12.30	Variazione di tensione Lembo sup. trave
$\Delta\sigma_{c,inf, Trave} =$	MPa	-6.98	-6.32	-8.29	-6.81	Variazione di tensione Lembo inf. trave
$\Delta\sigma_{c,\gamma G_p} =$	MPa	-5.40	-6.40	-8.72	-7.82	Variazione di tensione fibra corrisp. al cavo
$\Delta\sigma_p =$	MPa	0.21	-8.55	-22.57	-24.20	Variazione di tensione nel cavo

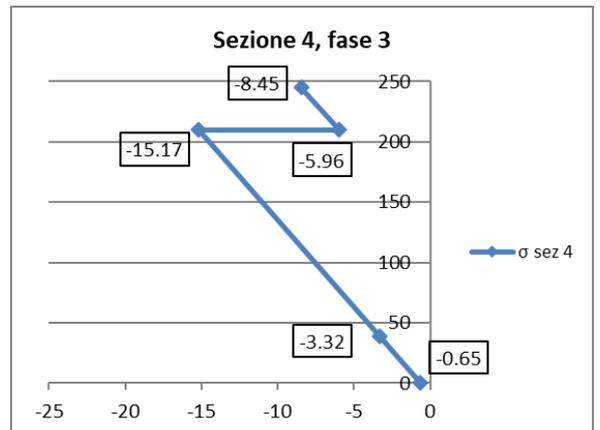
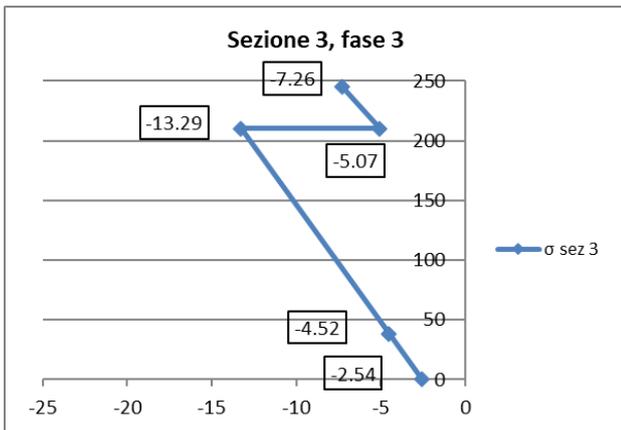
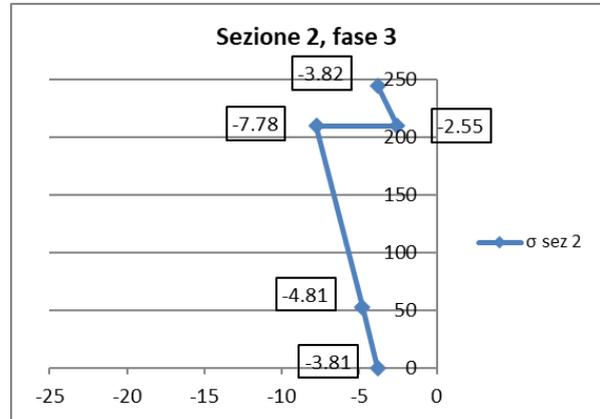
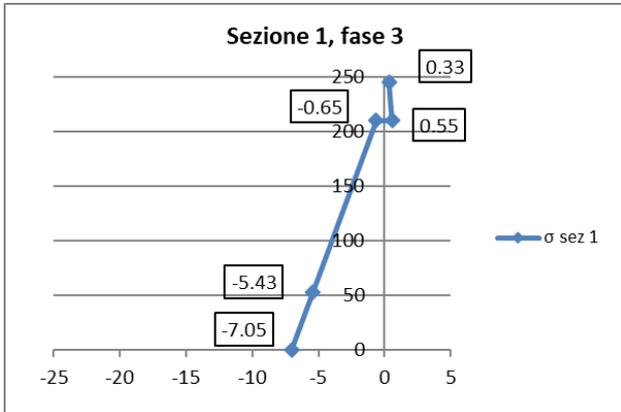
Tensioni totali

$\sigma_{c,sup, Sol} =$	MPa	0.33	-3.82	-7.26	-8.45	tensione Lembo sup. soletta
$\sigma_{c,inf, Sol} =$	MPa	0.55	-2.55	-5.07	-5.96	tensione Lembo inf. soletta
$\sigma_{c,sup, Trave} =$	MPa	-0.65	-7.78	-13.29	-15.17	tensione Lembo sup. trave
$\sigma_{c,inf, Trave} =$	MPa	-7.05	-3.81	-2.54	-0.65	tensione Lembo inf. trave
$\sigma_{c,\gamma G_p} =$	MPa	-5.43	-4.81	-4.52	-3.32	tensione fibra corrisp. al cavo
$\sigma_p =$	MPa	-682.34	-1362.19	-1352.76	-1359.48	tensione nel cavo
test cls sup.soletta	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$
test cls inf.soletta	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$
test cls sup.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$
test cls inf.compr.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c < 0,4 \times f_{ck} ?$
test cls inf.trazione	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_c > 0 ?$
test precompr.	-	OK	OK	OK	OK	$\sigma^*_p < \sigma_{p0,max} ?$

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

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	69 di 105



  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0507 001</td> <td>B</td> <td>70 di 105</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	70 di 105
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	70 di 105								

8.3 VERIFICHE A FESSURAZIONE

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

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

$$\frac{f_{ctm}}{1.2} = 3.2 \text{ MPa, per la trave in cap}$$

$$\frac{f_{ctm}}{1.2} = 2.5 \text{ MPa, per la soletta in ca}$$

Le tensioni relative alla **trave in cap** non sono mai di trazione.

Le tensioni massime di trazione per la **soletta** sono le seguenti:

- $\sigma_{c,sup, Sol} = 0.33 \text{ MPa}$ sezione di appoggio ($x=0.75\text{m}$)
- $\sigma_{c,inf, Sol} = 0.55 \text{ MPa}$ sezione di appoggio ($x=0.75\text{m}$)

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

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0507 001</td> <td>B</td> <td>71 di 105</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	71 di 105
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	71 di 105								

9 EFFETTI GLOBALI SU IMPALCATO – VERIFICHE AGLI SLU

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

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

9.1 SOLLECITAZIONI A PRESSOFLESSIONE

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

9.1.1 FASE 1 – PESO PROPRIO E GETTO DELLA SOLETTA

$$M = (M_{pp} + M_{soletta}) * \gamma = (2016 + 2847) * 1.35 = 6565 \text{ kNm}$$

$$N = 0$$

9.1.2 FASE 2 E 3 – CARICHI PERMANENTI PORTATI E DI ESERCIZIO

$$M_{es,SLU} = M_{traffico} * \gamma_{traffico} + M_{vento} * \gamma_{vento} + M_{termica} * \gamma_{termica} =$$

$$= 5710 * 1.45 + 160 * 0.6 + 612 * 0.6 = 8743 \text{ kNm}$$

$$M = M_{perm} * \gamma_{perm} + M_{rit} * \gamma_{rit} + M_{res.pass.} * \gamma_{res.pass.} + M_{es,SLU} =$$

$$= 3150 * 1.5 + 1447 * 1.2 + 216 * 1.35 + 8743 = 15496 \text{ kNm}$$

$$N_{min} = N_{perm} * \gamma_{perm} + N_{rit} * \gamma_{rit} + N_{res.pass.} * \gamma_{res.pass.} + N_{\Delta T,SLU} * \gamma_{termica} =$$

$$= 0 + 1255 * 1.2 + 143 * 1.35 - 834 * 0.6 = 1199 \text{ kN}$$

$$N_{max} = N_{perm} * \gamma_{perm} + N_{rit} * \gamma_{rit} + N_{res.pass.} * \gamma_{res.pass.} - N_{\Delta T,SLU} * \gamma_{termica} =$$

$$= 0 + 1255 * 1.2 + 143 * 1.35 + 834 * 0.6 = 2199 \text{ kN}$$

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

$$M_{E,d} = 15496 + 6565 = 22060 \text{ kNm (somma delle 3 fasi)}$$

$$N_{E,d,max} = 2199 \text{ kN (somma delle 3 fasi)}$$

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	72 di 105

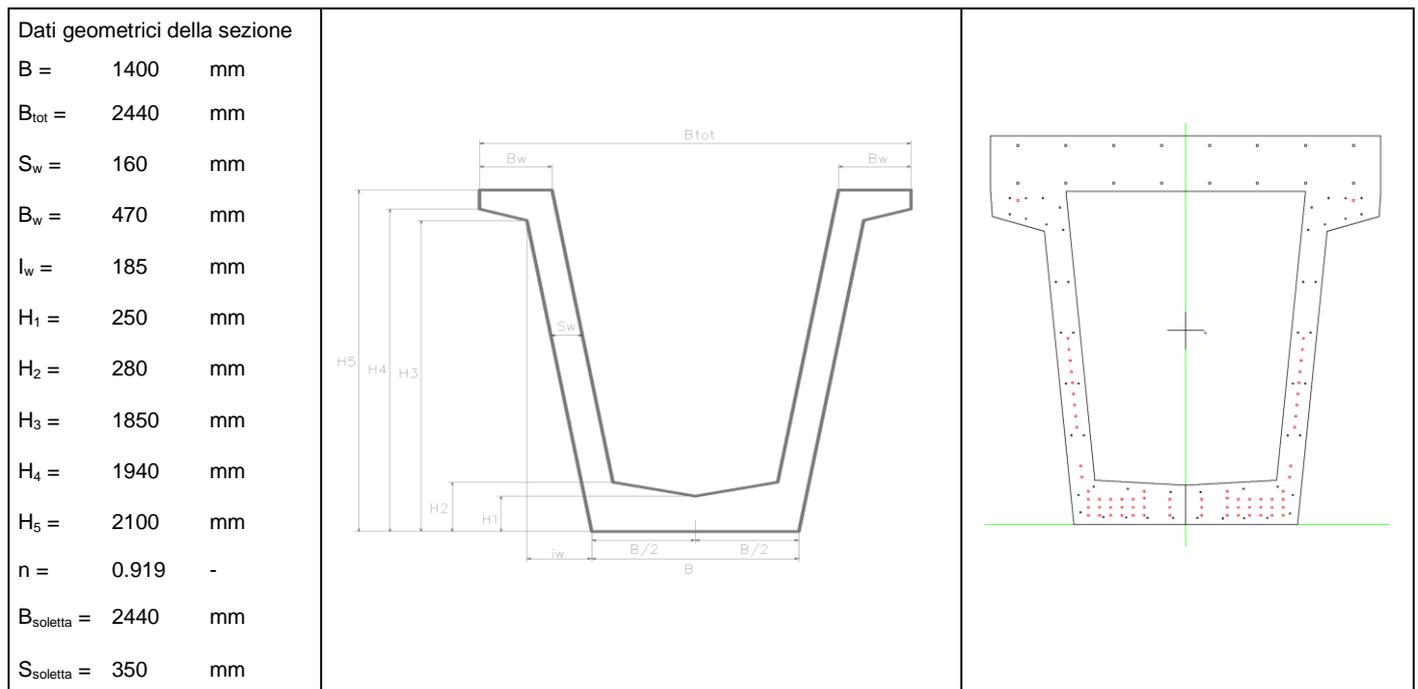
9.2 VERIFICHE DI RESISTENZA

Si riportano di seguito le verifiche tensionali previste per gli SLU. Tali verifiche sono state realizzate con le sollecitazioni a tempo infinito, ossia considerando già avvenute integralmente le perdite di precompressione.

I cavi di precompressione presenti nella sezione di verifica, a cadute lente esaurite, sono soggetti ad una deformazione media ε_{p0} che risultata pari a 6.7‰, a fronte di una ε di snervamento, che essendo la E dell'acciaio 195000 MPa e la $f_{ptk} / 1.15 = 1617$ MPa, è uguale all' 8.3‰.

9.2.1 VERIFICA A PRESSOFLESSIONE

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



Nella verifica si è tenuto conto anche della presenza di armatura lenta, in riferimento allo schema sopra riportato ($\phi 16$ soletta, $\phi 10$ trave cap, disposti come in figura).

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	73 di 105

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

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

Titolo: _____

N° Vertici: 18 Zoom N° barre: 66 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	122	245	1	2.01	-105	239
2	-122	245	2	2.01	-105	215.283
3	-122	210	3	2.01	-75	215.283
4	-121	194.1848	4	2.01	45.04871	215.283
5	-88.5	185	5	2.01	-15.0184	215.283
6	-70	0	6	2.01	14.97237	215.283

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 - Cavo snervato

M xRd 33*182 kN m

Materiali Trefolo C45/55

ϵ_{su} 31.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 1'409 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} 7.045 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 16
 $\sigma_{s,adm}$ 1080 N/mm² τ_{co} 0.9333
 τ_{c1} 2.543

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

Armatura Precompressione N° cavi: 70 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	σ_{sc} [MPa]
1	1.39	-105	204.4	1170
2	1.39	-73.7	117.4	1170
3	1.39	-73	110.4	1170
4	1.39	-72.3	103.4	1170
5	1.39	-71.6	96.4	1170
6	1.39	-70.9	89.4	1170

Tipo cavo: Trefolo

ϵ_{su} 31.5 ‰
 f_{yd} 1'409 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ϵ_{syd} 7.045 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 1080 N/mm²

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

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

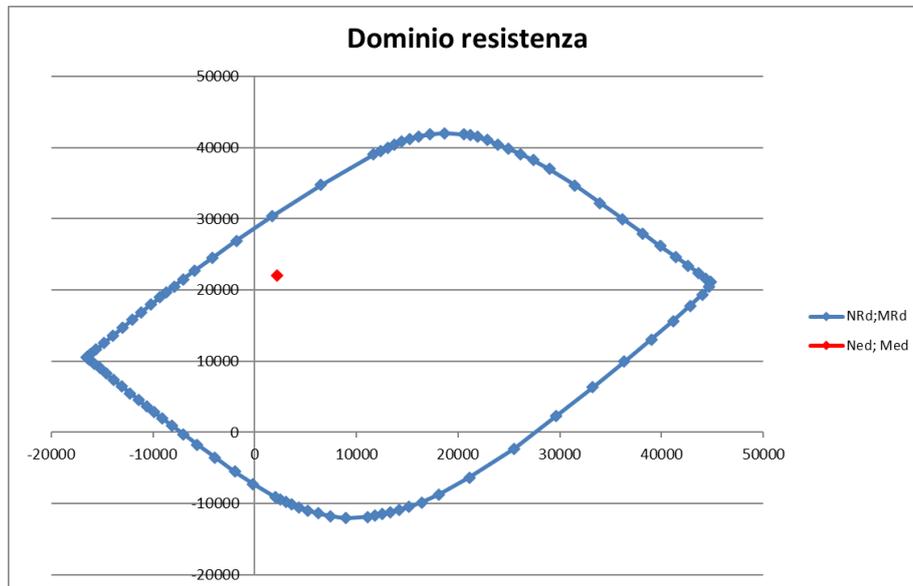
Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

σ_{sp} 1'409 N/mm²
 ϵ_{sp} 27.52 ‰ compressa prefef.

Precompresso

Si ottiene il seguente dominio di resistenza:



Come si osserva dal grafico sopra riportata, le sollecitazioni ricadono all'interno del dominio di resistenza, quindi la verifica è soddisfatta.

La deformazione dei trefoli è pari a 2.75%, inferiore al limite ultimo $\epsilon_{su} = 3.15\%$, per cui anche questa ulteriore verifica risulta soddisfatta.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0507 001</td> <td>B</td> <td>74 di 105</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	74 di 105
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	74 di 105								

9.3 SOLLECITAZIONI A TAGLIO

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

9.3.1 FASE 1 – PESO PROPRIO E GETTO DELLA SOLETTA

$$V = (V_{pp} + V_{soletta}) * \gamma = (367+502) * 1.35 = 1173 \text{ kN}$$

$$N = 0$$

9.3.2 FASE 2 E 3 – CARICHI PERMANENTI PORTATI E DI ESERCIZIO

$$V_{es,SLU} = V_{traffico} * \gamma_{traffico} + V_{vento} * \gamma_{vento} + V_{termica} * \gamma_{termica} =$$

$$= 861 * 1.45 + 1 * 0.6 + 0 = 1249 \text{ kN}$$

$$V = V_{perm} * \gamma_{perm} + V_{es,SLU} = 577 * 1.5 + 1249 = 2114 \text{ kN}$$

Il taglio complessivo nella condizione più gravosa è pari a:

$$V_{Ed_SLU} = 2114 + 1173 = 3288 \text{ kN}$$

La tensione di compressione da precompressione presente è pari a $\sigma_{cp} = 10.03 \text{ MPa}$

9.4 SOLLECITAZIONI DI TORSIONE

Di seguito si riportano le sollecitazioni di torsione agenti sulla trave di bordo, considerata nella verifica di taglio/torsione.

$$T_{Ed_SLU} = T_{perm} * \gamma_{perm} + T_{traffico} * \gamma_{traffico} + T_{vento} * \gamma_{vento} + T_{termica} * \gamma_{termica} = 112 \text{ kN}$$

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	75 di 105

9.5 VERIFICHE DI RESISTENZA

Si riportano di seguito le verifiche previste per gli SLU.

9.5.1 VERIFICA A TAGLIO

<i>Verifica a taglio per sezioni armate a taglio (D.M. 14/01/2008)</i>			
Resist. Caratteristica	fck	45	N/mm ²
	fcd	26	N/mm ²
larghezza membratura resistente a V	bw	320	mm
altezza membratura resistente a V	H	2450	mm
copriferro	c	50	mm
altezza utile	d	2400	mm
area della sezione	Ac	768000	mm ²
tensione di compressione media da precompressione	σcp	10.03	N/mm ²
	αc	1.25	
Acciaio B450C	fyk	450	N/mm ²
tensione limite	fyd	391	N/mm ²
diametro staffe (spille)	øw	14	mm
Area staffa (spilla)	Aøw	154	mm ²
0.9 d	z	2160	mm
passo delle staffe (spille)	sw	125	mm
	n° bracci	4	
angolo di inclinazione	θ	45	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	cot(θ)	1.00	
angolo di inclinazione armatura	α	90	°
	cot(α)	0.00	
	Asw / sw	4.93	mm ² /mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	VRsd	4164	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	VRcd	5508	kN
Taglio resistente minimo tra VRsd, VRcd	Vrd	4164	kN
Taglio sollecitante	Ved	3288	kN
	Ved	<	Vrd
verifica soddisfatta			

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	76 di 105

9.5.2 VERIFICA A TORSIONE

<i>Verifica a torsione (D.M. 14/01/2008)</i>			
Resist. Caratteristica	fck	45	N/mm ²
	fcd	26	N/mm ²
altezza membratura resistente a T	H	2450	mm
copriferro	c	50	mm
altezza utile	d	2400	mm
area racchiusa perimetro medio	A	3256759	mm ²
spessore minimo parete sezione cava	t	160	mm
perimetro medio sezione cava	um	7951	mm
tensione di compressione da precompressione	σcp	10.03	N/mm ²
	αc	1.25	
Acciaio B450C	fyk	450	N/mm ²
	fyd	391	N/mm ²
diametro barre long	øl	10	mm
numero barre long	nl	70	
area armatura long	Al	5495	mmq
diametro staffe (spille)	øw	14	mm
Area staffa (spilla)	Aøw	154	mm ²
0.9 d	z	2160	mm
passo delle staffe (spille)	sw	125	mm
	n° bracci	2	
angolo di inclinazione	θ	45	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	cot(θ)	1.00	
angolo di inclinazione armatura	α	90	°
	cot(α)	0.00	
	Asw / sw	2.46	mm ² /mm
Torsione resistente per "taglio compressione"	TRcd	6644	kNm
Torsione resistente per "taglio trazione armatura trasv"	TRsd	6278	kNm
Torsione resistente per "taglio trazione armatura long"	TRld	1762	kNm
Torsione resistente minimo tra Trsd, Trcd, Trld	Trd	1762	kN
Torsione sollecitante	Ted	112	kN
	Ted	<	Trd
verifica soddisfatta			

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0507 001</td> <td>B</td> <td>77 di 105</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	77 di 105
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	77 di 105								

9.5.3 VERIFICA A TAGLIO-TORSIONE

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

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rcd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rcd}} = \frac{112}{6644} + \frac{3288}{5508} = 0.614 \leq 1$$

La verifica è soddisfatta.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	78 di 105

10 TRASVERSI – VERIFICHE TENSIONALI AGLI SLE

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

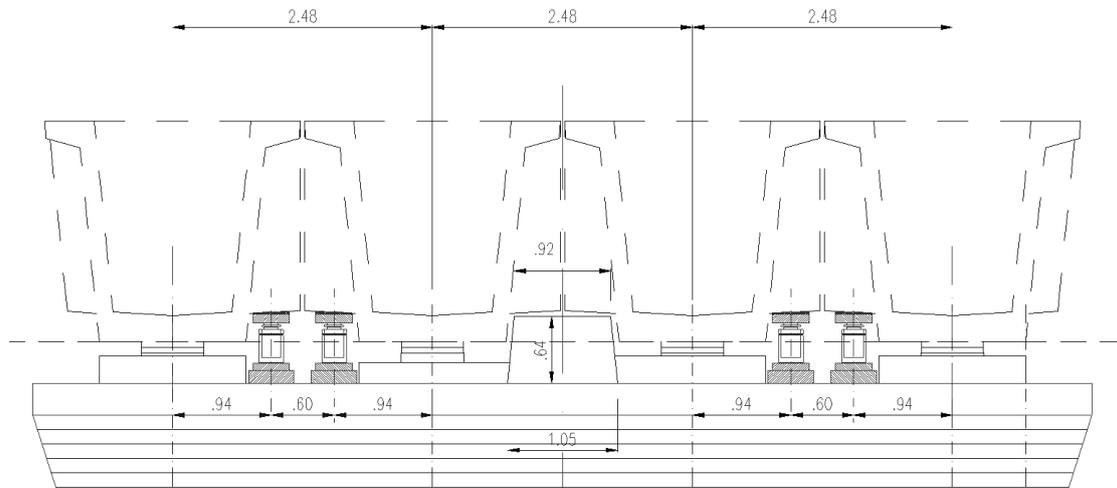


Figura 22 – Posizionamento dei martinetti per il sollevamento dell'impalcato

Per il calcolo delle sollecitazioni si è adottato un modello di calcolo che considerasse il posizionamento dei martinetti per il sollevamento (come indicato nell'immagine sopra riportata) nella condizione di carico G1+G2.

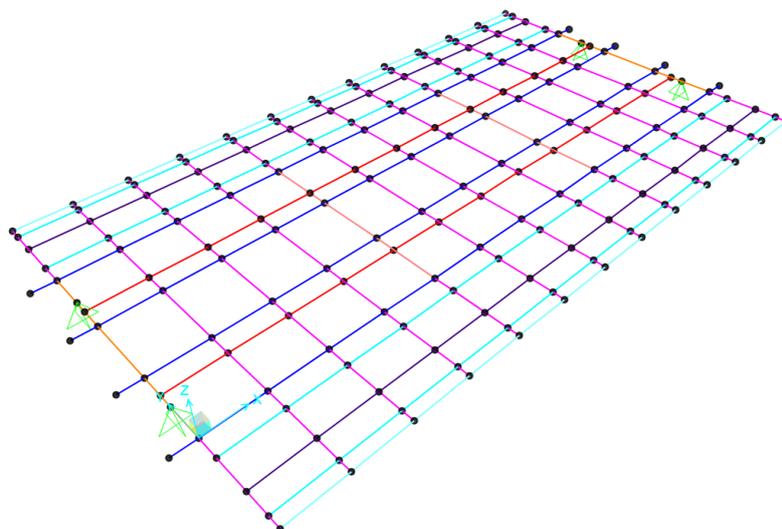


Figura 23 – Modello di calcolo – appoggi in corrispondenza dei punti di sollevamento

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	79 di 105

Si riportano di seguito le caratteristiche principali del traverso:

Altezza: 1.80 m
 Spessore soletta: 0.35 m
 Spessore trasverso: 0.35 m
 Precompressione superiore: 1 cavo da 7 trefoli da 0.6"
 Distanza cavo superiore da estradosso trasverso: 0.3 m
 Precompressione inferiore: 1 cavo da 7 trefoli da 0.6"
 Distanza cavo inferiore da estradosso trasverso: 1.6 m

Si effettuano le verifiche relative alle fasi $T = 0$, $T = \infty$ e in condizioni di esercizio.

Nelle fasi $T=0$ e $T=\infty$ si considera la sola porzione del trasverso composta dal prefabbricato. In esercizio si considera anche il contributo della soletta.

Nella figura seguente è riportata la geometria della sezione considerata in fase di esercizio. La verifica della sezione di trasverso forata non viene considerata in fase di esercizio, in quanto lo scenario di progetto (sollevamento con martinetti) comporta sollecitazioni non significative nelle zone interne alle travi in c.a.p.

SEZIONE CAVA

SEZIONE PIENA

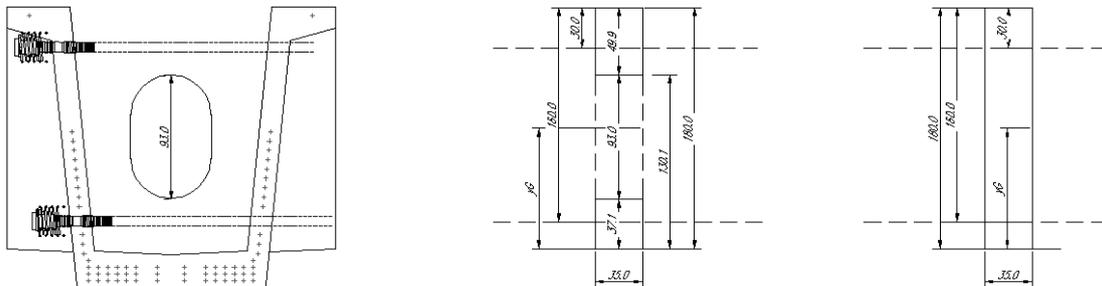


Figura 24 – Sezione rettangolare trasverso a $T=0$ e $T=infinito$

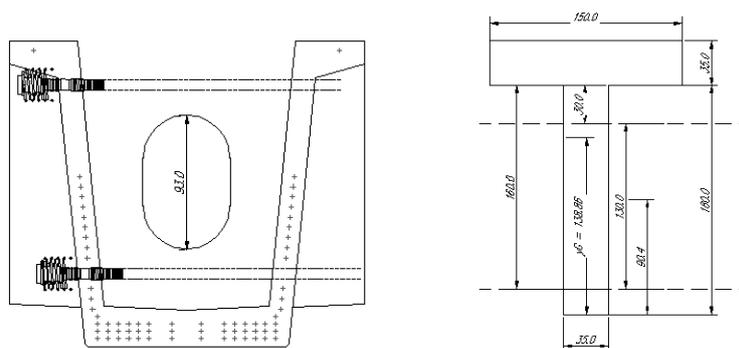


Figura 25 – Sezione trasverso in condizione di esercizio

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	80 di 105

Si adottano i seguenti limiti:

- Limite di compressione per T=0: $0.6 \cdot f_{ck} = 27\text{MPa}$
- Limite di compressione per T=infinito e in condizione di esercizio: $0.4 \cdot f_{ck} = 18\text{MPa}$
- Limite di trazione per il cap = 0 MPa (il calcestruzzo dell'elemento precompresso non va mai in trazione)

10.1.1 VERIFICA TRASVERSO T=0

Geometria - sezione rettangolare

sp. trasverso	350	mm	spessore trasverso
h rettangolo	1800	mm	altezza sezione rettangolare (T=0)
h totale	2150	mm	altezza sezione a T (T=infinito)
sp. soletta	350	mm	spessore soletta
L sol	1500	mm	larghezza soletta

sezione piena

$A_{\text{sez.piena}}$	630000	mmq	area sezione piena
$J_{\text{sez.piena}}$	1.701E+11	mm ⁴	momento d'inerzia sezione piena
yG sez.piena	900	mm	baricentro sezione piena
W_{sup}	-189000000	mmc	modulo di resistenza superiore
W_{inf}	189000000	mmc	modulo di resistenza inferiore

sezione cava

h foro	930	mm	altezza foro trasverso
y sup foro	1301	mm	quota superiore foro
y inf foro	371	mm	quota inferiore foro
$A_{\text{sez.cava}}$	325500	mmq	area sezione cava
$J_{\text{sez.cava}}$	1.44E+11	mm ⁴	momento d'inerzia sezione cava
yG sez.cava	968	mm	baricentro sezione cava
W_{sup}	-1.49E+08	mmc	modulo di resistenza superiore
W_{inf}	1.73E+08	mmc	modulo di resistenza inferiore

σ_{p0}	1300	MPa	tensione cavi
A_{trefoli}	139	mmq	area trefolo
$n_{\text{trefoli,sup}}$	7	-	numero trefoli cavo sup
$n_{\text{trefoli,inf}}$	7	-	numero trefoli cavo inf
$A_{\text{cavo,sup}}$	973	mmq	Area cavo sup

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	81 di 105

$A_{cavo,inf}$	973	mmq	Area cavo inf
$N_{cavo,sup}$	-1264.9	kN	tiro cavo sup
$N_{cavo,inf}$	-1264.9	kN	tiro cavo inf
$e_{cavo,sup}$	-600	mm	eccentricità cavo sup (>0)
$e_{cavo,inf}$	700	mm	eccentricità cavo inf (<0)

Sollecitazioni a T=0

N	-2529.8	kN	N di precompressione totale
M	-126.5	kNm	M di precompressione totale
M_{est}	0	kNm	M di precompressione esterno

Tensioni a T=0

sezione piena

$\sigma_{co,sup}$	-3.35	MPa	tensione lembo sup.
$\sigma_{co,inf}$	-4.68	MPa	tensione lembo inf.

sezione cava

$\sigma_{co,sup}$	-6.92	MPa	tensione lembo sup.
$\sigma_{co,inf}$	-8.50	MPa	tensione lembo inf.

10.1.2 PERDITE DI PRECOMPRESSIONE

Nelle successive fasi si considerano le seguenti perdite di precompressione dei trefoli:

PERDITE ELASTICHE TREFOLI

N prec	2529.8	kN
E_p	195000	MPa
E_{cap}	36283	MPa
A_p	1946	mmq
n_p	5.4	
μ_i	0.00304	
y_i	3.9	mm
N_{p0}	2488	kN
$\Delta N_p \text{ elast}$	41	kN
$\Delta \sigma_p \text{ elast}$	21	MPa

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	82 di 105

PERDITE PER RITIRO

ϵ rit	3.45E-04
ΔN rit [kN]	130.9
$\Delta\sigma$,rit [MPa]	67

PERDITE VISCOSE

φ visc	2.43
σ qperm [MPa]	-3.95
φ esp	2.65E-04
ΔN p,visc	100.5
$\Delta\sigma$,visc	52

PERDITE PER RILASSAMENTO

σ_{p0}	1300	MPa
f_{ptk}	1860	MPa
p_{1000}	2.5	%
t_{inf}	5.00E+05	ore
$\mu = \sigma_{pi} / f_{tk}$	0.7	-
ΔN p,ril	150	KN
% $\Delta\sigma$,ril	5.9%	-
$\Delta\sigma$,ril	77.0	MPa

PERDITE TOTALI

perdite totali	217	MPa
σ finale	1083	MPa

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	83 di 105

10.1.3 VERIFICA TRASVERSO T=INFINITO

Geometria - sezione a rettangolare

sp. traverso	350	mm	spessore trasverso
h rettangolo	1800	mm	altezza sezione rettangolare (T=0)
h totale	2150	mm	altezza sezione a T (T=infinito)
sp. soletta	350	mm	spessore soletta
L sol	1500	mm	larghezza soletta

sezione piena

A _{sez.piena}	630000	mmq	area sezione piena
J _{sez.piena}	1.701E+11	mm ⁴	momento d'inerzia sezione piena
y _{G sez.piena}	900	mm	baricentro sezione piena
W _{sup}	-189000000	mmc	modulo di resistenza superiore
W _{inf}	189000000	mmc	modulo di resistenza inferiore

sezione cava

h foro	930	mm	altezza foro trasverso
y sup foro	1301	mm	quota superiore foro
y inf foro	371	mm	quota inferiore foro
A _{sez.cava}	325500	mmq	area sezione cava
J _{sez.cava}	1.44E+11	mm ⁴	momento d'inerzia sezione cava
y _{G sez.cava}	968	mm	baricentro sezione cava
W _{sup}	-1.49E+08	mmc	modulo di resistenza superiore
W _{inf}	1.73E+08	mmc	modulo di resistenza inferiore

σ_{p0}	1083	MPa	tensione cavi
A _{trefoli}	139	mmq	area trefoli
n _{trefoli,sup}	7	-	numero trefoli cavo sup
n _{trefoli,inf}	7	-	numero trefoli cavo inf
A _{cavo,sup}	973	mmq	Area cavo sup
A _{cavo,inf}	973	mmq	Area cavo inf
N _{cavo,sup}	-1053.610	kN	tiro cavo sup
N _{cavo,inf}	-1053.610	kN	tiro cavo inf
e _{cavo,sup}	-600	mm	eccentricità cavo sup (>0)
e _{cavo,inf}	700	mm	eccentricità cavo inf (<0)
y cavo	904	mm	

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	84 di 105

Sollecitazioni a T=inf

N	-2107.2	kN	N di precompressione totale
M	-105.4	kNm	M di precompressione totale
M _{est}	0	kNm	M di precompressione esterno

Tensioni a T=inf

sezione piena

$\sigma_{co,sup}$	-2.79	MPa	tensione lembo sup.
$\sigma_{co,inf}$	-3.90	MPa	tensione lembo inf.

sezione cava

$\sigma_{co,sup}$	-5.76	MPa	tensione lembo sup.
$\sigma_{co,inf}$	-7.08	MPa	tensione lembo inf.

VERIFICA TRASVERSO M est

Geometria - sezione a T

sp. trasverso	350	mm	spessore trasverso
h rettangolo	1800	mm	altezza sezione rettangolare (T=0)
h totale	2150	mm	altezza sezione a T (T=infinito)
sp. soletta	350	mm	spessore soletta
L sol	1500	mm	larghezza soletta
arm sol omog	20936	mmq	armatura lenta soletta omogen al cls di cap
arm prec omog	10459	mmq	armatura prec omogen al cls di cap
yG arm lenta	1975	mm	baricentro armatura lenta
yG arm prec	850	mm	baricentro armatura precompress
$A_{sez,piena\ cls}$	1155000	mmq	area sezione piena
$A_{sez,tot\ omog}$	1186395	mmq	
$J_{sez,piena}$	5.06E+11	mm ⁴	momento d'inerzia sezione piena
yG sez.piena	1388.64	mm	baricentro sezione piena
yG omog	1394.24	mm	baricentro sezione piena omogen
$W_{sup\ soletta}$	-6.70E+08	mmc	
W_{sup}	-1.25E+09	mmc	modulo di resistenza superiore
W_{inf}	3.63E+08	mmc	modulo di resistenza inferiore

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	85 di 105

Sollecitazioni a T=0

N	0	kN	N di precompressione totale
M	0	kNm	M di precompressione totale
M _{est}	-1877.6	kNm	M esterno G1 + G2

Tensioni a T=0

sezione piena

$\sigma_{co,sup,sol}$	2.80	MPa	
$\sigma_{co,sup}$	1.50	MPa	tensione lembo sup.
$\sigma_{co,inf}$	-5.17	MPa	tensione lembo inf.

Le tensioni totali sono le seguenti.

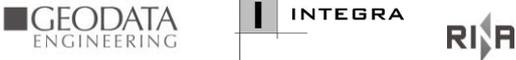
Sezione piena:

$\sigma_{co,sup,sol} =$	2.80 MPa	(trazione)
$\sigma_{co,sup} =$	- 2.79 + 1.50 = - 1.28 MPa	(compressione)
$\sigma_{co,inf} =$	- 3.90 - 5.17 = - 9.07 MPa	(compressione)

Sezione cava:

$\sigma_{co,sup,sol} =$	2.80 MPa	(trazione)
$\sigma_{co,sup} =$	- 5.76 + 1.50 = - 4.26 MPa	(compressione)
$\sigma_{co,inf} =$	- 7.08 - 5.17 = - 12.25 MPa	(compressione)

Le verifiche risultano soddisfatte.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0507 001</td> <td>B</td> <td>86 di 105</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	86 di 105
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	86 di 105								

11 EFFETTI LOCALI SULL'IMPALCATO – MODELLO TRASVERSALE

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

Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo.

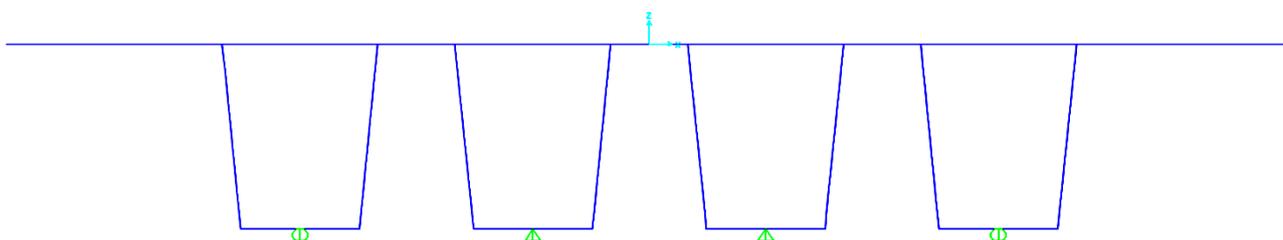


Figura 26 – Modellazione f.e.m. trasversale dell'impalcato

11.1 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riporta l'analisi delle azioni considerate e applicate al modello di calcolo per l'analisi degli effetti locali trasversali sull'impalcato, in riferimento a quanto descritto nei paragrafi precedenti.

11.1.1 PESO PROPRIO (G1)

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

11.1.2 MASSICCIAIA, ARMAMENTO E IMPERMEABILIZZAZIONE

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

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

11.1.3 BARRIERE ANTIRUMORE

Si considera un carico relativo alle barriere antirumore pari a 4.0 kN/mq. Considerando cautelativamente un'altezza massima di barriera pari a 5.4 m, si ottiene un carico lineare pari a:

$$G_{2,2} = q_{\text{barriere}} = 4.0 * 5.4 = 21.6 \text{ kN/m per ogni lato dell'impalcato}$$

Vengono quindi applicate due azioni concentrate pari a 21.6 kN in posizione corrispondente a ogni barriera.

11.1.4 CANALETTE IMPIANTI E IMPIANTI

A ridosso dei muretti paraballast, sono previste delle canalette impianti sui lati esterni. Si assume un carico lineare uniforme pari a:

$$G_{2,3} = q_{\text{canalette}} = 2.50 \text{ kN/m per ogni lato dell'impalcato}$$

Vengono quindi applicate due azioni concentrate pari a 2.50 kN in posizione corrispondente a ogni barriera.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	87 di 105

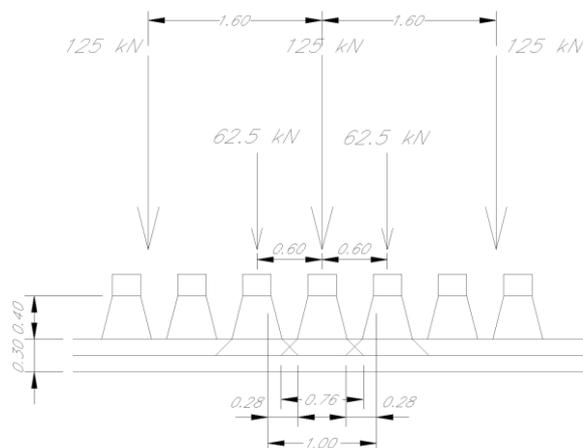
11.1.5 CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO

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

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

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

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



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

Il carico appena calcolato si ripartisce trasversalmente (4:1 nel ballast e 1:1 nella soletta) per una larghezza pari a:

$$L = 2.4\text{m} + 0.4\text{m}/4 * 2 + 0.3\text{m}/2 * 2 = 2.90 \text{ m.}$$

Il carico sul modello è quindi pari a:

$$q_{vk} = 171.1 / 2.90 = 59 \text{ kN/mq}$$

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

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

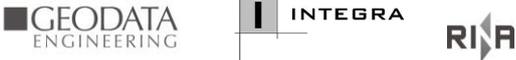
$$d_0 = (4.00/2 + 0.06 + 0.08) = 2.14 \text{ m}$$

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

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

con

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

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 88 di 105

11.1.6 CARICHI SUI MARCIAPIEDI

I carichi accidentali sui marciapiedi (di larghezza 1m ciascuno) sono schematizzati da un carico concentrato pari al valore:

$$Q_M = 10 \text{ kN/mq} * 1\text{m} * 1\text{m} = 10 \text{ kN}$$

11.1.7 FORZA CENTRIFUGA

Considerando quanto descritto nei paragrafi precedenti e considerando la stessa legge di ripartizione utilizzata per i carichi verticali concentrati si ottiene la seguente azione orizzontale.

$$q_{vk} = 180^2 / (127 * 1600) * 1 * 171.1 / 2.90 = 27.27\text{kN/m} / 2.90\text{m} = 9.40\text{kN/mq}$$

La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1.80 m al di sopra del P.F.

Considerando un sovrizzo di 0.15 m e una distanza PF-estradosso soletta pari a 0.90 m si ottiene la quota di applicazione dell'azione centrifuga rispetto al piano medio della soletta:

$$h_t = 1.80 + (0.30/2) + (0.15/2) + 0.90 = 2.925 \text{ m}$$

Il momento da applicare al modello è pari a

$$M_t = 9.40 * 2.925 = 27.5 \text{ kNm/m}$$

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

$$q_{max} = 6 * M_t / (b * b) = 6 * 27.5 / (2.9^2) = 19.6 \text{ kN/m}$$

11.1.8 SERPEGGIO

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

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

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

$$h_t = (0.30/2) + (0.15/2) + 0.90 = 1.125 \text{ m}$$

Il momento da applicare al modello è pari a

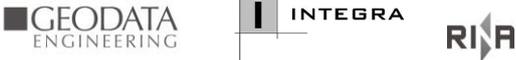
$$M_t = 50 * 1.125 = 56.25 \text{ kNm/m}$$

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

$$q_{max} = 6 * M_t / (b^2) = 6 * 56.25 / (2.9^2) = 40.13 \text{ kN/m}$$

11.1.9 AVVIAMENTO E FRENATURA

Si trascurano gli effetti delle azioni di avviamento e frenatura.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0507 001	REV. B	FOGLIO 89 di 105

11.1.10 AZIONI DINAMICHE

Si considera un coefficiente di amplificazione dinamica pari a: $\varphi_3 = 1.854$.

Avendo considerato la luce della soletta tra le nervature delle travi principali pari a 1.50 m.

11.1.11 AZIONI DOVUTE AL DERAGLIAMENTO

Vedi paragrafo 6.3.6.

11.1.12 AZIONI CLIMATICHE

Si considera una variazione termica uniforme pari a $\pm 15^\circ\text{C}$.

Si è considerato un gradiente termico lineare di 5°C nello spessore delle pareti tra esterno ed interno dei cassoncini.

11.1.13 VENTO

Si assume una pressione uniforme agente lateralmente pari a 2.73 kN/mq.

11.1.13.1 VENTO A STRUTTURA SCARICA

In riferimento allo schema riportato nel paragrafo 6.4.1 si applicano le seguenti azioni sulla struttura.

Azione applicata sulla trave

$$F1 = 2.73 * 2.50 = 6.8 \text{ kN/m}$$

Le azioni sono applicate in corrispondenza del baricentro della trave, per cui riferendosi al baricentro della soletta si ha anche un effetto torcente:

$$M1 = 6.8 * 2.50/2 = 8.5 \text{ kNm/m}$$

Azione applicata sulla barriera

$$F2 = 2.73 * 5.40 = 14.7 \text{ kN/m}$$

Le azioni sono applicate nel nodo corrispondente alla posizione della barriera, per cui riferendosi al baricentro della soletta si ha:

$$M2 = 14.7 * 5.40 / 2 = 39.7 \text{ kNm/m}$$

In definitiva l'effetto complessivo è:

$$F = 6.8 + 14.7 = 21.5 \text{ kN/m}$$

$$M = 8.5 - 39.7 = -31.2 \text{ kNm/m}$$

L'azione di momento torcente viene applicata al modello come "tira e spingi" ottenuto dal rapporto tra M e la distanza tra i punti di applicazione.

11.1.13.2 VENTO A STRUTTURA CARICA

Si applicano le seguenti azioni sulla struttura.

$$F = 2.73 * 4.00 = 10.9 \text{ kN/m}$$

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

$$h_w = 4.0/2 + (0.30/2) + (0.15/2) + 0.90 = 3.125 \text{ m}$$

$$M = 10.9 * 3.125 = 34.1 \text{ kNm/m}$$

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	90 di 105

11.2 VERIFICHE SLU

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

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

11.2.1 SEZIONE DI INCASTRO DELLO SBALZO

11.2.1.1 VERIFICA A PRESSOFLESSIONE

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

$N = 19 \text{ kN/m}$

Sezione $h = 30 \text{ cm}$

Armatura: $\phi 16/20 + \phi 16/20$ strato sup.

$\phi 16/20$ strato inf.

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

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

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	10.05	5.6
			2	10.05	10
			3	10.05	24.4

Solllecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 19 kN
M_{xEd}: 0 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

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

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

Calcola MRd Dominio M-N
L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C32/40

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 18.13
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 12.25
σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.7333
τ_{c1}: 2.114

M_{xRd}: -159.1 kNm
σ_c: -18.13 N/mm²
σ_s: 391.3 N/mm²
ε_c: 3.5 ‰
ε_s: 11.92 ‰
d: 24.4 cm
x: 5.539 x/d: 0.227
δ: 0.7237

$M_{Rd} = -159.1 \text{ kNm/m}$

Verifica soddisfatta.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	91 di 105

11.2.1.2 VERIFICA A TAGLIO

Verifica a taglio per sezioni rettangolari non armate a taglio (D.M. 14/01/2008)

Classe cls	f_{ck}	32.0	N/mm^2
coeff. parziale	γ_c	1.5	
resistenza di calcolo	f_{cd}	18	N/mm^2
larghezza membratura resistente	b_w	1000	mm
altezza membratura resistente	H	240	mm
altezza utile	d	210	mm
area della sezione	A_{TOT}	210000	mm^2
diametro ferro longitudinale	ϕ_l	16	mm
area armatura	A	201.1	mm^2
	strato	2	
	passo	200	mm
	$n_f/strato$	4	
area armatura totale	A_l	1608	mm^2
percentuale di armatura	ρ_l	0.0077	
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
	σ_{cp}	0.00	N/mm^2
	k	1.98	
	v_{min}	0.55	
	V_{Rd1}	145	kN
	V_{Rd2}	115.48	kN
taglio resistente	V_{Rd}	145	kN
		>	
taglio sollecitante	V_{Ed}	61	kN
		verifica	

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	92 di 105

11.2.2 SEZIONE DI MEZZERIA (COMPRESA TRA LE ANIME DEL PREFABBRICATO)

11.2.2.1 VERIFICA A PRESSOFLESSIONE

$M_{max} = +76 \text{ kNm/m}$

$N = 10 \text{ kN/m}$

Sezione $h = 30 \text{ cm}$

Armatura: $\varnothing 16/20$ strato sup.
 $\varnothing 16/20$ strato inf

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

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

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	5.6
2	10.05	24.4

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

Diagramma della sezione:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione: Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N

L_0 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C32/40

ϵ_{su}	67.5	‰	ϵ_{c2}	2	‰
f_{yd}	391.3	N/mm²	ϵ_{cu}	3.5	‰
E_s	200000	N/mm²	f_{cd}	18.13	
E_s/E_c	15		f_{cc}/f_{cd}	0.8	?
ϵ_{syd}	1.957	‰	$\sigma_{c,adm}$	12.25	
$\sigma_{s,adm}$	255	N/mm²	τ_{co}	0.7333	
			τ_{c1}	2.114	

M_{xRd} 97.77 kNm

σ_c -18.13 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

ϵ_c 3.5 ‰

ϵ_s 16.69 ‰

d 24.4 cm

x 4.229 x/d 0.1733

δ 0.7

$MRd = 97.8 \text{ kNm/m}$

Verifica soddisfatta.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	93 di 105

11.2.2.2 VERIFICA A TAGLIO

Verifica a taglio per sezioni rettangolari non armate a taglio (D.M. 14/01/2008)			
Classe cls	f_{ck}	32.0	N/mm ²
coeff. parziale	γ_c	1.5	
resistenza di calcolo	f_{cd}	18	N/mm ²
larghezza membratura resistente	b_w	1000	mm
altezza membratura resistente	H	240	mm
altezza utile	d	210	mm
area della sezione	A_{TOT}	210000	mm ²
diametro ferro longitudinale	ϕ_l	16	mm
area armatura	A	201.1	mm ²
	strato	1	
	passo	200	mm
	n_f /strato	4	
area armatura totale	A_l	804	mm ²
percentuale di armatura	ρ_l	0.0038	
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
	σ_{cp}	0.00	N/mm ²
	k	1.98	
	v_{min}	0.55	
	V_{Rd1}	115	kN
	V_{Rd2}	115.48	kN
taglio resistente	V_{Rd}	115	kN
		>	
taglio sollecitante	V_{Ed}	81	kN
		verifica	

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Impalcato in c.a.p. L=25m (Lc=22.80m) doppio binario: Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0507 001</td> <td>B</td> <td>94 di 105</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	94 di 105
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	94 di 105								

12 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE

12.1 VERIFICA DEFORMAZIONI TORSIONALI (SGHEMBO)

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

$$\delta_1 = 3.01 \text{ mm}$$

$$\delta_2 = 2.83 \text{ mm}$$

Lo sghembo, amplificato dinamicamente, è pari a:

$$t \cong \Phi_3 \times [(\delta_1 - \delta_2)] = 1.854 * (3.01 - 2.83) = 0.334 \text{ mm /3m}$$

Il valore di t appena calcolato è inferiore al valore limite previsto dalla normativa e pari a:

$$3.0 \text{ mm /3m} \quad \text{per il caso } 120 < V_{\max} < 200 \text{ km/h.}$$

12.2 VERIFICA STATO LIMITE DI COMFORT DEI PASSEGGERI

Il comfort di marcia per i passeggeri è controllato limitando i valori della freccia verticale; l'inflessione verticale deve calcolarsi in asse al binario, considerando il modello di carico LM71 con il relativo incremento dinamico e con il coefficiente α ; in caso di ponte a doppio binario dovrà considerarsi carico un solo binario e calcolarsi la freccia in asse a tale binario carico, applicando un solo modello di carico LM71 con il relativo incremento dinamico e con il coefficiente α .

L'abbassamento massimo, amplificato dinamicamente, si rileva in mezzzeria ed è pari a:

$$\delta = 12 \text{ mm}$$

Il valore di δ appena calcolato è inferiore al valore limite previsto dalla normativa per travi appoggiate, pari a:

$$L/600 = 22800/600 = 38 \text{ mm.}$$

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	95 di 105

13 AZIONI SUGLI APPOGGI

Nel seguito si riepilogano i valori delle azioni sugli appoggi per effetto dei carichi da impalcato descritti in precedenza. Ove opportuno, i valori delle singole azioni elementari sono state arrotondate per eccesso, a partire dai valori di calcolo derivati dagli scenari di carico considerati. Le sollecitazioni da traffico sono scomposte tra azioni verticali e orizzontali e sono direttamente ricavate dal modello di calcolo ad elementi finiti. Per le condizioni sismiche sono state

Si riportano di seguito le reazioni su ogni appoggio dovute ai carichi elementari:

		G1			G2			LM71			LM71 + SW/2			LM71_appoggio			LM71+SW/2_appoggio		
		V	H trasv	H long	V	H trasv	H long	Vmax	H trasv	H long	V	H trasv	H long	V	H trasv	H long	V	H trasv	H long
1	multi	886	0	0	724	0	0	623	0	0	827	0	0	641	0	0	820	0	0
2	fisso	801	0	0	357	0	0	905	0	0	1163	0	0	1122	0	0	1131	0	0
3	fisso	801	0	0	357	0	0	905	0	0	994	0	0	1122	0	0	1243	0	0
4	multi	886	0	0	724	0	0	623	0	0	600	0	0	641	0	0	625	0	0
5	multi	886	0	0	724	0	0	623	0	0	827	0	0	541	0	0	837	0	0
6	multi	801	0	0	357	0	0	905	0	0	1163	0	0	779	0	0	1089	0	0
7	uni	801	0	0	357	0	0	905	0	0	994	0	0	779	0	0	942	0	0
8	multi	886	0	0	724	0	0	623	0	0	600	0	0	541	0	0	479	0	0

		centr_LM71			centr_LM71+SW/2			centr_LM71_app			centr_LM71+SW/2_app			serpeggio			serpeggio_appoggio		
		Vmax	H trasv	H long	Vmax	H trasv	H long	Vmax	H trasv	H long	Vmax	H trasv	H long	V	H trasv	H long	V	H trasv	H long
1	multi	109	0	0	55	0	0	70	0	0	51	0	0	33	0	0	41	0	0
2	fisso	6	251	407	12	140	230	37	283	356	31	144	208	-6	62	134	31	94	44
3	fisso	-6	251	-407	3	151	-230	-37	283	-356	2	174	-208	6	62	-134	-31	94	-44
4	multi	-109	0	0	-70	0	0	-70	0	0	-83	0	0	-33	0	0	-41	0	0
5	multi	109	0	0	55	0	0	15	0	0	49	0	0	33	0	0	5	0	0
6	multi	6	0	0	12	0	0	-4	0	0	12	0	0	-6	0	0	-1	0	0
7	uni	-6	413	0	3	241	0	4	350	0	1	213	0	6	95	0	1	12	0
8	multi	-109	0	0	-70	0	0	-15	0	0	-62	0	0	-33	0	0	-5	0	0

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	96 di 105

		frenatura SW/2			avviamento LM71			temperatura			vento		
		>	H trasv	H long	>	H trasv	H long	>	H trasv	H long	>	H trasv	H long
1	multi	24	0	0	-14	0	0	0	0	0	259	0	0
2	fisso	-117	-52	-941	67	-43	148	0	0	0	-128	-292	429
3	fisso	64	41	143	-121	54	-976	0	0	0	128	-292	-429
4	multi	-14	0	0	25	0	0	0	0	0	-259	0	0
5	multi	23	0	0	-2	0	0	0	0	0	259	0	0
6	multi	7	0	0	14	0	0	0	0	0	-128	0	0
7	uni	14	11	0	8	-11	0	0	0	0	128	-491	0
8	multi	-2	0	0	24	0	0	0	0	0	-259	0	0

Le azioni sismiche sugli appoggi sono ottenute sulle base degli spettri di risposta descritti al paragrafo 6.6 della presente relazione.

Per opere con VN= 75 anni e Cu=1.5, i valori spettrali di pertinenza sono i seguenti:

Se(plateau) acc. orizzontale	0.829	g
Se(plateau) acc. verticale	0.436	g

Per opere con VN= 100 anni e Cu=2.0, i valori spettrali di pertinenza sono i seguenti:

Se(plateau) acc. orizzontale	0.966	g
Se(plateau) acc. verticale	0.611	g

Le masse sismiche in gioco sono riportate nella tabella seguente:

MASSA IMPALCATO (G1+G2)		
G1	6749	kN
G2	4323	kN
0.2 treno	1434	kN
tot	12506	kN

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	97 di 105

Per opere con VN= 75 anni e Cu=1.5, si ottengono di conseguenza le seguenti reazioni vincolari:

		Sisma long			Sisma trasv			Sisma vert		
		V	H trasv	H long	V	H trasv	H long	V	H trasv	H long
1	multi	0	0	0	0	0	0	682	0	0
2	fisso	0	0	5184	0	5184	0	682	0	0
3	fisso	0	0	5184	0	5184	0	682	0	0
4	multi	0	0	0	0	0	0	682	0	0
5	multi	0	0	0	0	0	0	682	0	0
6	multi	0	0	0	0	0	0	682	0	0
7	uni	0	0	0	0	5184	0	682	0	0
8	multi	0	0	0	0	0	0	682	0	0

Per opere con VN= 100 anni e Cu=2.0, si ottengono di conseguenza le seguenti reazioni vincolari:

		Sisma long			Sisma trasv			Sisma vert		
		V	H trasv	H long	V	H trasv	H long	V	H trasv	H long
1	multi	0	0	0	0	0	0	955	0	0
2	fisso	0	0	6040	0	6040	0	955	0	0
3	fisso	0	0	6040	0	6040	0	955	0	0
4	multi	0	0	0	0	0	0	955	0	0
5	multi	0	0	0	0	0	0	955	0	0
6	multi	0	0	0	0	0	0	955	0	0
7	uni	0	0	0	0	6040	0	955	0	0
8	multi	0	0	0	0	0	0	955	0	0

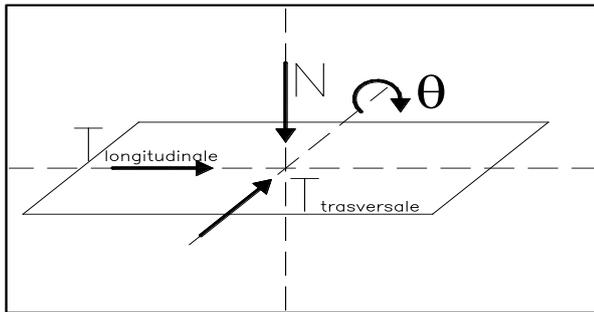
Tutti i 8 dispositivi di appoggio sono stati considerati uniformemente reagenti per il sisma verticale.

Nei paragrafi che seguono si riportano le tabelle riassuntive degli scarichi degli appoggi per ogni tipologia.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	98 di 105

13.1.1 APPOGGI PER IMPALCATI CON CAT. SOTTOSUOLO C $V_N=75$ ANNI E $C_U=1.5$ ($V_R=112.5$)



APPOGGIO FISSO

Reazioni degli apparecchi di appoggio

		max N	min N	max Tl	min Tl	max Tt	min Tt
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
Azioni (valori caratteristici)							
permanenti G, P	peso proprio	801	801	-	-	-	-
	permanenti	357	357	-	-	-	-
	precompressione	-	-	-	-	-	-
	ritiro e viscosità	-	-	-	-	-	-
variabili Q	traffico max	1243	0	-	-	-	-
	serpeggio	31	-31	94	-94	134	-134
	forza centrifuga	37	-37	407	-407	37	-37
	avviamento e frenatura	64	-64	148	-148	0	0
	vento	128	-128	429	-429	292	-292
	temperatura	0	0	0	0	0	0
	resistenze parassite nei vincoli	-	-	-	-	-	-
azioni sismiche E	sisma	690	-690	5200	-5200	2600	-2600
SLU	N max	3800	-	-	-	-	-
	N min	-	2150	-	-	-	-
	Tl max	-	-	3500	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	900	-
SLE	N max	2650	-	-	-	-	-
	N min	-	1150	-	-	-	-
	Tl max	-	-	2450	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	600	-
SLV	N max	2200	-	-	-	-	-
	N min	-	750	-	-	-	-
	N min*	-	1600	-	-	-	-
	Tl max	-	-	5300	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	2600	-

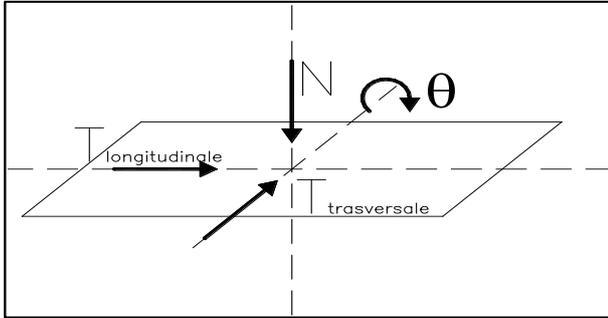
* Nmin per Fh max

SLD	N max	1600	-	-	-	-	-
	N min	-	1250	-	-	-	-
	N min*	-	1450	-	-	-	-
	Tl max	-	-	2400	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	1200	-

* Nmin per Fh max

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	99 di 105



APPOGGIO UNID.

Reazioni degli apparecchi di appoggio

max N	min N	max Tl	min Tl	max Tt	min Tt
[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]

Azioni (valori caratteristici)

permanenti G, P		peso proprio	801	801	-	-	-	-
		permanenti	357	357	-	-	-	-
		precompressione	-	-	-	-	-	-
		ritiro e viscosità	-	-	-	-	-	-
variabili Q		traffico max	994	0	-	-	-	-
		serpeggio	6	-6	0	0	12	-12
		forza centrifuga	8	-8	0	0	-178	178
		avviamento e frenatura	64	64	0	0	11	0
		vento	128	-128	0	0	-491	491
		temperatura	0	0	0	0	0	0
		resistenze parassite nei vincoli	-	-	-	-	-	-
azioni sismiche E		sisma	690	-690	0	0	5200	-5200
SLU		N max	3800	-	-	-	-	-
		N min	-	2150	-	-	-	-
		Tl max	-	-	0	-	-	-
		Tt max	-	-	-	-	1350	-
SLE		N max	2650	-	-	-	-	-
		N min	-	1150	-	-	-	-
		Tl max	-	-	0	-	-	-
		Tt max	-	-	-	-	850	-
SLV		N max	2100	-	-	-	-	-
		N min	-	650	-	-	-	-
		N min*	-	1550	-	-	-	-
		Tl max	-	-	0	-	-	-
		Tt max	-	-	-	-	5200	-

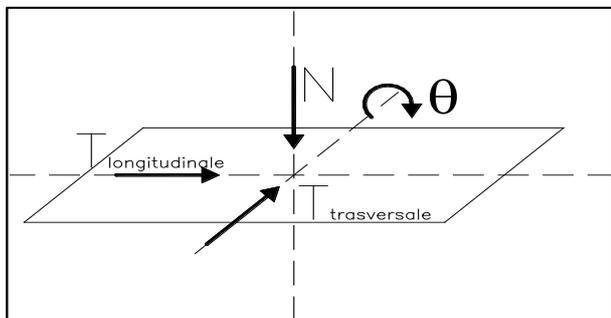
* Nmin per Fh max

SLD		N max	1600	-	-	-	-	-
		N min	-	1200	-	-	-	-
		N min*	-	1400	-	-	-	-
		Tl max	-	-	0	-	-	-
		Tt max	-	-	-	-	2200	-

* Nmin per Fh max

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	100 di 105



APPOGGIO MULTID.

Reazioni degli apparecchi di appoggio

max N	min N	max Tl	min Tl	max Tt	min Tt
[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]

Azioni (valori caratteristici)

permanenti G, P	peso proprio	886	886	-	-	-	-	-
	permanententi	724	724	-	-	-	-	-
	precompressione	-	-	-	-	-	-	-
	ritiro e viscosità	-	-	-	-	-	-	-
variabili Q	traffico max	1163	0	-	-	-	-	-
	serpeggio	41	-41	0	0	0	0	0
	forza centrifuga	109	-109	0	0	0	0	0
	avviamento e frenatura	25	25	0	0	0	0	0
	vento	259	-259	0	0	0	0	0
	temperatura	0	0	0	0	0	0	0
	resistenze parassite nei vincoli	-	-	-	-	-	-	-
	azioni sismiche E	sisma	690	-690	0	0	0	0
SLU	N max	4500	-	-	-	-	-	-
	N min	-	1590	-	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-	-
SLE	N max	3150	-	-	-	-	-	-
	N min	-	1150	-	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-	-
SLV	N max	2600	-	-	-	-	-	-
	N min	-	1150	-	-	-	-	-
	N min*	-	2050	-	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-	-

* Nmin per Fh max

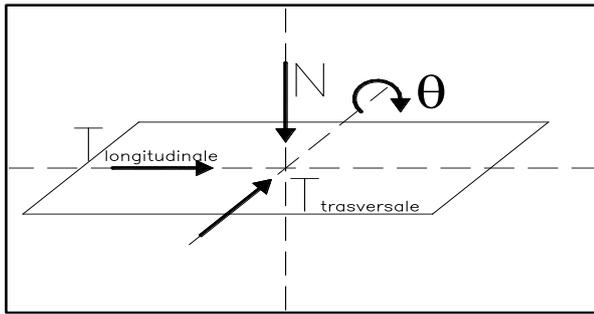
SLD	N max	2100	-	-	-	-	-	-
	N min	-	1700	-	-	-	-	-
	N min*	-	1900	-	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-	-

* Nmin per Fh max

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	101 di 105

13.1.2 APPOGGI PER IMPALCATI CON CAT. SOTTOSUOLO C $V_N=100$ ANNI E $C_U=2.0$ ($V_R=200$)



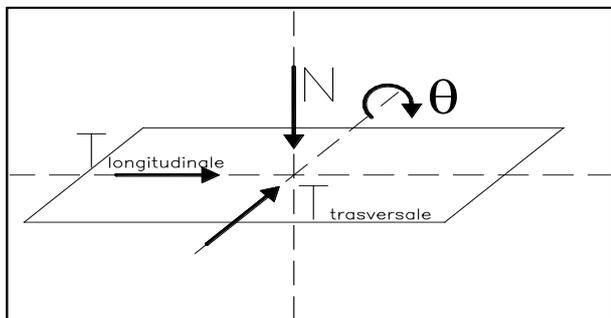
APPOGGIO FISSO

Reazioni degli apparecchi di appoggio

		max N	min N	max Tl	min Tl	max Tt	min Tt
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
Azioni (valori caratteristici)							
permanenti G, P	peso proprio	801	801	-	-	-	-
	permanenti	357	357	-	-	-	-
	precompressione	-	-	-	-	-	-
	ritiro e viscosità	-	-	-	-	-	-
variabili Q	traffico max	1243	0	-	-	-	-
	serpeggio	31	-31	94	-94	134	-134
	forza centrifuga	37	-37	407	-407	37	-37
	avviamento e frenatura	64	-64	148	-148	0	0
	vento	128	-128	429	-429	292	-292
	temperatura	0	0	0	0	0	0
	resistenze parassite nei vincoli	-	-	-	-	-	-
azioni sismiche E	sisma	960	-960	6050	-6050	3050	-3050
SLU	N max	3800	-	-	-	-	-
	N min	-	2150	-	-	-	-
	Tl max	-	-	3500	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	900	-
SLE	N max	2650	-	-	-	-	-
	N min	-	1150	-	-	-	-
	Tl max	-	-	2450	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	600	-
SLV	N max	2400	-	-	-	-	-
	N min	-	450	-	-	-	-
	N min*	-	1700	-	-	-	-
	Tl max	-	-	6200	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	3100	-
* Nmin per Fh max							
SLD	N max	1700	-	-	-	-	-
	N min	-	1200	-	-	-	-
	N min*	-	1500	-	-	-	-
	Tl max	-	-	3100	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	1500	-
* Nmin per Fh max							

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	102 di 105



APPOGGIO UNID.

Reazioni degli apparecchi di appoggio

max N	min N	max Tl	min Tl	max Tt	min Tt
[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]

Azioni (valori caratteristici)

permanenti G, P	peso proprio	801	801	-	-	-	-
	permanententi	357	357	-	-	-	-
	precompressione	-	-	-	-	-	-
	ritiro e viscosità	-	-	-	-	-	-
variabili Q	traffico max	994	0	-	-	-	-
	serpeggio	6	-6	0	0	12	-12
	forza centrifuga	8	-8	0	0	-178	178
	avviamento e frenatura	64	64	0	0	11	0
	vento	128	-128	0	0	-491	491
	temperatura	0	0	0	0	0	0
	resistenze parassite nei vincoli	-	-	-	-	-	-
azioni sismiche E	sisma	960	-960	0	0	6050	-6050
SLU	N max	3800	-	-	-	-	-
	N min	-	2150	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	1350	-
SLE	N max	2650	-	-	-	-	-
	N min	-	1150	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	850	-
SLV	N max	2400	-	-	-	-	-
	N min	-	400	-	-	-	-
	N min*	-	1600	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	6100	-

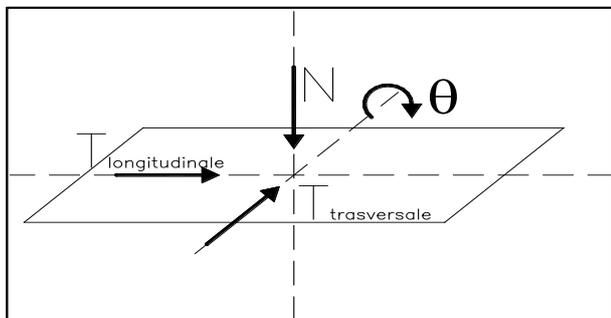
* Nmin per Fh max

SLD	N max	1600	-	-	-	-	-
	N min	-	1100	-	-	-	-
	N min*	-	1400	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	2900	-

* Nmin per Fh max

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	103 di 105



APPOGGIO MULTID.

Reazioni degli apparecchi di appoggio

max N	min N	max Tl	min Tl	max Tt	min Tt		
[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]		
Azioni (valori caratteristici)							
permanenti G, P	peso proprio	886	886	-	-	-	-
	permanententi	724	724	-	-	-	-
	precompressione	-	-	-	-	-	-
	ritiro e viscosità	-	-	-	-	-	-
variabili Q	traffico max	1163	0	-	-	-	-
	serpeggio	41	-41	0	0	0	0
	forza centrifuga	109	-109	0	0	0	0
	avviamento e frenatura	25	25	0	0	0	0
	vento	259	-259	0	0	0	0
	temperatura	0	0	0	0	0	0
	resistenze parassite nei vincoli	-	-	-	-	-	-
	azioni sismiche E	sisma	960	-960	0	0	0
SLU	N max	4500	-	-	-	-	-
	N min	-	1590	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-
SLE	N max	3150	-	-	-	-	-
	N min	-	1150	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-
SLV	N max	2900	-	-	-	-	-
	N min	-	900	-	-	-	-
	N min*	-	2150	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-

* Nmin per Fh max

SLD	N max	2200	-	-	-	-	-
	N min	-	1600	-	-	-	-
	N min*	-	1900	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-

* Nmin per Fh max

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0507 001	B	104 di 105

13.1.3 RIEPILOGO SCARICHI APPOGGI

Di seguito si riportano gli scarichi massimi per ogni tipologia di dispositivo di appoggio, per le combinazioni SLU e SLV.

13.1.3.1 VN=75 ANNI, CU=1.5 (VR=112.5 ANNI)

appoggio	Tab. riepilogativa V_N 75, $C_u=1.5$ ($V_R=112.5$)				
	N vert max	N vert min	N vert min*	Fh long	Fh trasv
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
fisso	3800	750	1600	5300	2600
uni	3800	650	1550	0	5200
multi	4500	1150	2050	0	0

* Nmin per Fh max

13.1.3.2 VN=100 ANNI, CU=2.0 (VR=200 ANNI)

appoggio	Tab. riepilogativa V_N 100, $C_u=2.0$ ($V_R=200$)				
	N vert max	N vert min	N vert min*	Fh long	Fh trasv
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
fisso	3800	450	1700	6200	3100
uni	3800	400	1600	0	6100
multi	4500	900	2150	0	0

* Nmin per Fh max

14 INCIDENZE

Incidenza travi: trefoli 90 kg/ml

Incidenza soletta e getti in opera: 140 kg/m³