

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

**LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI, TRATTA NAPOLI-CANCELLO,
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE,
NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014**

RELAZIONE

VI - VIADOTTI

VI02 - VIADOTTO DAL Km.9+536.29 al Km.10+378.69

Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo

APPALTATORE	PROGETTAZIONE
DIRETTORE TECNICO Ing. M. PANISI	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. A. CHECCHI

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV SCALA:

I	F	1	M	0	0	E	Z	Z	C	L	V	I	0	2	1	7	0	0	1	A	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	S. CHECCHI	14/06/18	PINTI	15/06/18	D'ANGELO	15/06/18	COPPA	
									30/06/18

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A 2 di 180

1	PREMESSA.....	6
2	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	7
3	FASI COSTRUTTIVE	10
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	11
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	12
5.1	CALCESTRUZZO	12
5.1.1	Travi in c.a.p. e traversi.....	12
5.1.2	Soletta impalcato.....	12
5.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE	13
5.3	ACCIAIO DA PRECOMPRESSIONE.....	13
5.4	COPRIFERRI MINIMI	14
6	ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO.....	15
6.1	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI G_1	15
6.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI G_2	16
6.2.1	Massicciata, armamento e impermeabilizzazione $G_{2,1}$	16
6.2.2	Altri carichi permanenti non strutturali $G_{2,2}$	16
6.3	CARICHI ACCIDENTALI Q_1	17
6.3.1	Effetti dinamici.....	17
6.3.2	Carichi verticali.....	18
6.3.3	Numero di treni contemporanei.....	21
6.4	TRENO SCARICO Q_2	21
6.5	AZIONI DI AVVIAMENTO E FRENATURA Q_3	22

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A 3 di 180

6.6	AZIONE CENTRIFUGA Q_4	24
6.7	AZIONE LATERALE (SERPEGGIO) Q_5	26
6.8	AZIONE DEL VENTO Q_6	28
6.9	EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI.....	31
6.10	CARICHI SUI MARCIAPIEDI.....	33
6.11	AZIONI SISMICHE Q_7	34
6.11.1	<i>Spettri di risposta elastici</i>	42
6.12	RESISTENZE PARASSITE NEI VINCOLI Q_8	46
6.13	DERAGLIAMENTO Q_9	46
6.14	EFFETTI REOLOGICI (RITIRO, VISCOSITA' E RILASSAMENTO) ϵ_2	48
6.14.1	<i>Viscosità del calcestruzzo</i>	48
6.14.2	<i>Ritiro</i>	51
6.14.3	<i>Rilassamento dell'acciaio</i>	55
6.15	VARIAZIONI TERMICHE ϵ_3	56
7	COMBINAZIONI DI CARICO	57
8	CRITERI DI MODELLAZIONE	63
8.1	MODELLAZIONE FEM	63
8.1.1	<i>Geometria</i>	63
8.1.2	<i>Condizioni di vincolo</i>	65
9	CRITERI DI VERIFICA	66
9.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	66
9.1.1	<i>Verifica a fessurazione</i>	66
9.1.2	<i>Verifica delle tensioni in esercizio</i>	67

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.			IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A 4 di 180

9.1.3	Verifica di deformabilità e vibrazioni	69
9.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	72
9.2.1	Sollecitazioni flettenti.....	72
9.2.2	Sollecitazioni taglianti.....	72
9.3	VERIFICHE LOCALI	74
9.3.1	Fenomeno di "BURSTING"	74
9.3.2	Fenomeno di "SPALLING"	75
9.3.3	Fenomeno di "SPREADING".....	76
9.4	VERIFICA A FATICA	77
9.4.1	Verifica a fatica dell'acciaio per armatura da precompressione e ordinaria	77
10	ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE IMPALCATO ...	82
10.1	TRAVI.....	82
10.1.1	Sollecitazioni agenti.....	82
10.1.2	Verifica delle sezioni	93
10.1.3	Verifica delle testate.....	136
10.2	TRAVERSI.....	144
10.2.1	Sollecitazioni agenti e verifiche	144
10.3	SOLETTA	148
10.3.1	Sollecitazioni agenti e verifiche	148
10.4	VERIFICA A SOLLEVAMENTO DELL'IMPALCATO	154
10.5	VERIFICA A SOLLEVAMENTO, STOCCAGGIO E TRASPORTO TRAVI	155
10.5.1	Verifica a sollevamento.....	155
10.5.2	Verifica a stoccaggio.....	157

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A 5 di 180

10.5.3	<i>Verifica a trasporto</i>	158
10.6	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ DELL'IMPALCATO	160
10.6.1	<i>Deformazioni nel piano verticale</i>	160
10.6.2	<i>Deformazioni torsionali</i>	160
10.6.3	<i>Stato limite per il comfort dei passeggeri</i>	161
10.6.4	<i>Deformazioni nel piano orizzontale</i>	161
11	REAZIONI SUGLI APPOGGI	162
12	BAGGIOLI E RITEGNI	165
12.1	ARMATURA A TRANCIAMENTO	165
12.2	ARMATURA TRASVERSALE	166
12.3	RITEGNI TRASVERSALI	168
12.4	RITEGNI LONGITUDINALI	169
13	GIUNTI DI DILATAZIONE	171
13.1	SPOSTAMENTI	171
13.2	CORSA DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO MOBILI	173
13.3	ESCURSIONE DEI GIUNTI	173
13.4	AMPIEZZA DEI VARCHI	173
14	ANALISI DINAMICA	174
15	INCIDENZE	178
16	INDICE DELLE FIGURE	179

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 6 di 180

1 PREMESSA

La presente relazione afferisce ai calcoli e alle verifiche strutturali dell'impalcato tipo in c.a.p. di lunghezza 25m in semplice appoggio, previsto lungo i viadotti VI01-04, nell'ambito della redazione dei documenti tecnici relativi alla progettazione esecutiva della linea ferroviaria Napoli-Bari, tratta Napoli-Cancello, in variante tra le pk 0+000 e 15+585.

In particolare, lungo il viadotto VI02 sono presenti 23 impalcati del tipo in esame, in corrispondenza delle seguenti pile:

- n° 9 impalcati tra la spalla S1 e la pila P1 e tra le pile P1-P2-P3-P4-P5-P6-P7-P8-P9;
- n° 8 impalcati tra le pile P10-P11-P12-P13-P14-P15-P16-P17-P18;
- n° 6 impalcati tra le pile P21-P22-P23-P24-P25-P26-P27.

Le strutture sono state progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, "Norme Tecniche per le Costruzioni"- DM 14.1.2008 e Circolare n .617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni".

La modellazione dell'azione sismica e delle strutture è stata eseguita mediante il programma di calcolo strutturale agli elementi finiti Midas-Gen.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A 7 di 180

2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

L'impalcato tipo oggetto del presente documento prevede quattro travi a cassonico prefabbricate in c.a.p. (precompressione a fili aderenti), di lunghezza 25m, solidarizzate da quattro traversi prefabbricati, di cui due di testata, posti in corrispondenza dell'asse-appoggi e due in campata, e da una soletta superiore in c.a. gettata in opera, di spessore pari a 31cm, con una larghezza complessiva pari a 13.70m. Le travi, disposte secondo un interasse di 2.41m, prevedono un'altezza di 2.10m. Tra le travi sono disposti due ritegni sismici trasversali; nel retrotrave sono presenti due ritegni sismici longitudinali.

L'impalcato è interessato dal passaggio di due binari posti ad interasse di 4.0m.

Nelle Figure riportate di seguito si forniscono le immagini della carpenteria dell'impalcato in esame. Si rimanda agli elaborati grafici per l'ottenimento di dettagli ulteriori.

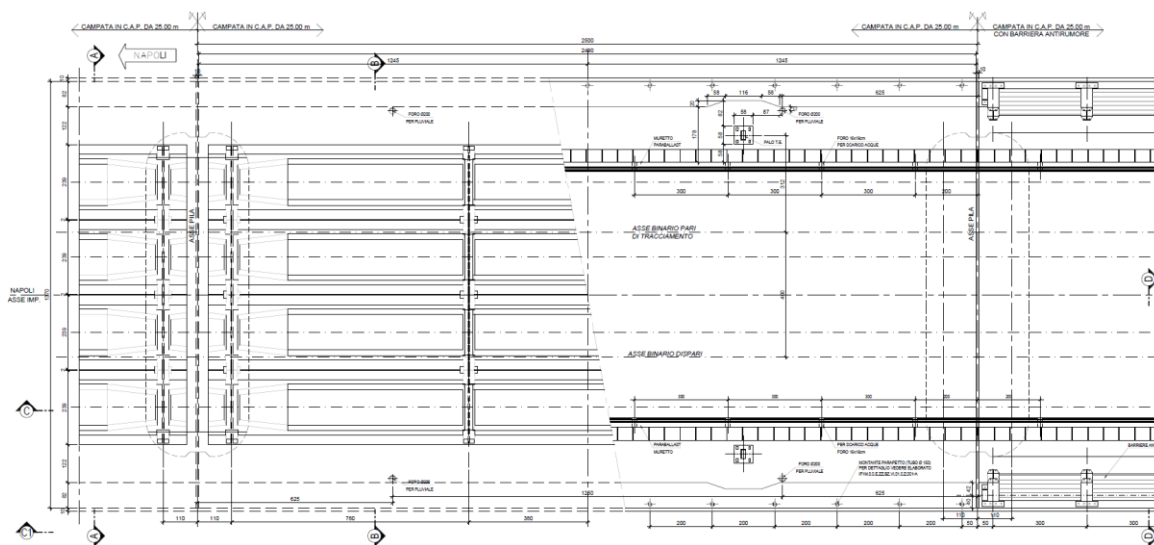


Figura 1: Vista superiore dell'impalcato tipo

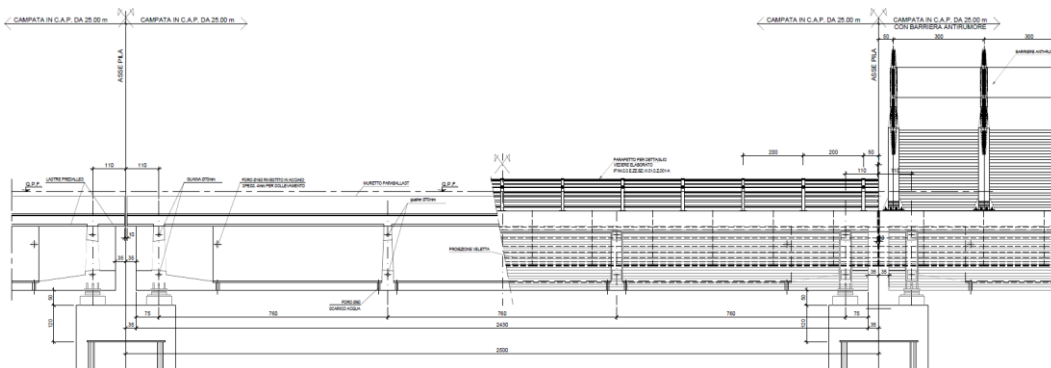


Figura 2: Sezione/vista longitudinali dell'impalcato tipo

APPALTATORE: Mandataria: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 8 di 180

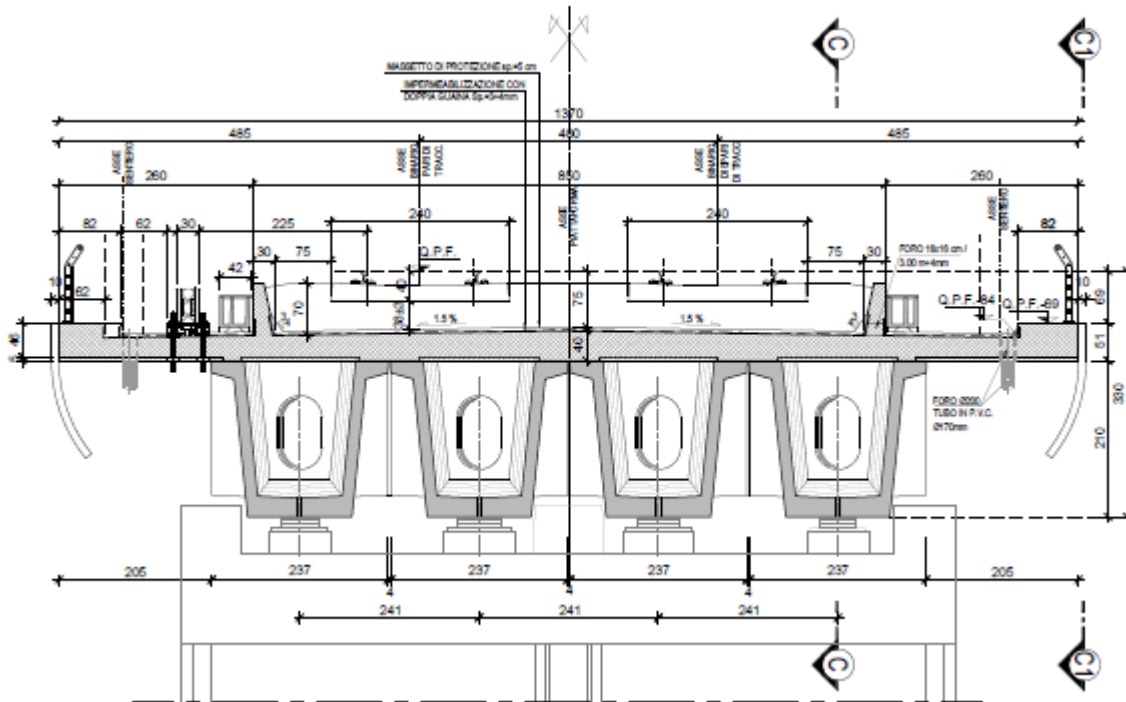


Figura 3: Sezione trasversale dell'impalcato tipo

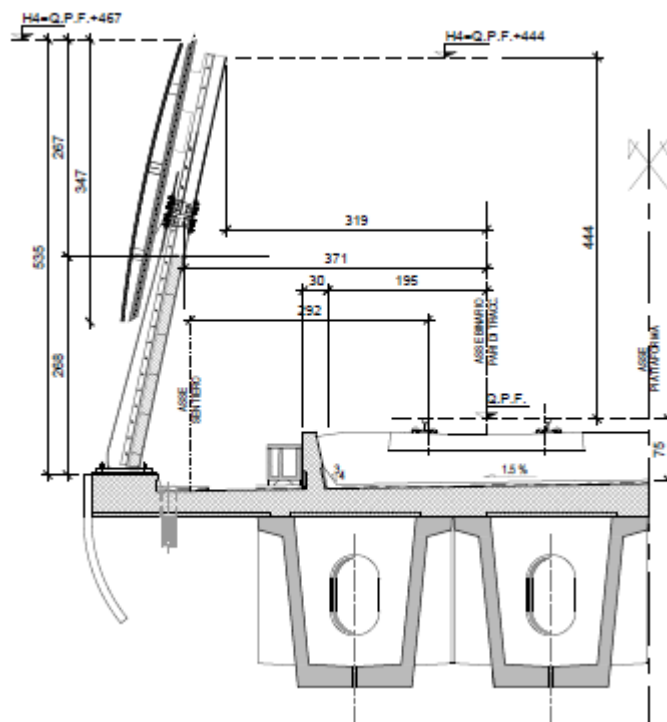


Figura 4: Sezione trasversale dell'impalcato tipo con barriera antirumore

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 9 di 180

Il vincolo dell'impalcato con le sottostrutture è realizzato, per ciascuna campata, mediante il seguente schema:

- su un lato sono previsti due appoggi fissi a rigidità variabile e due di tipo multidirezionale;
- sul lato opposto sono previsti un appoggio unidirezionale, con possibilità di scorrimento in senso longitudinale, e tre appoggi multidirezionali.

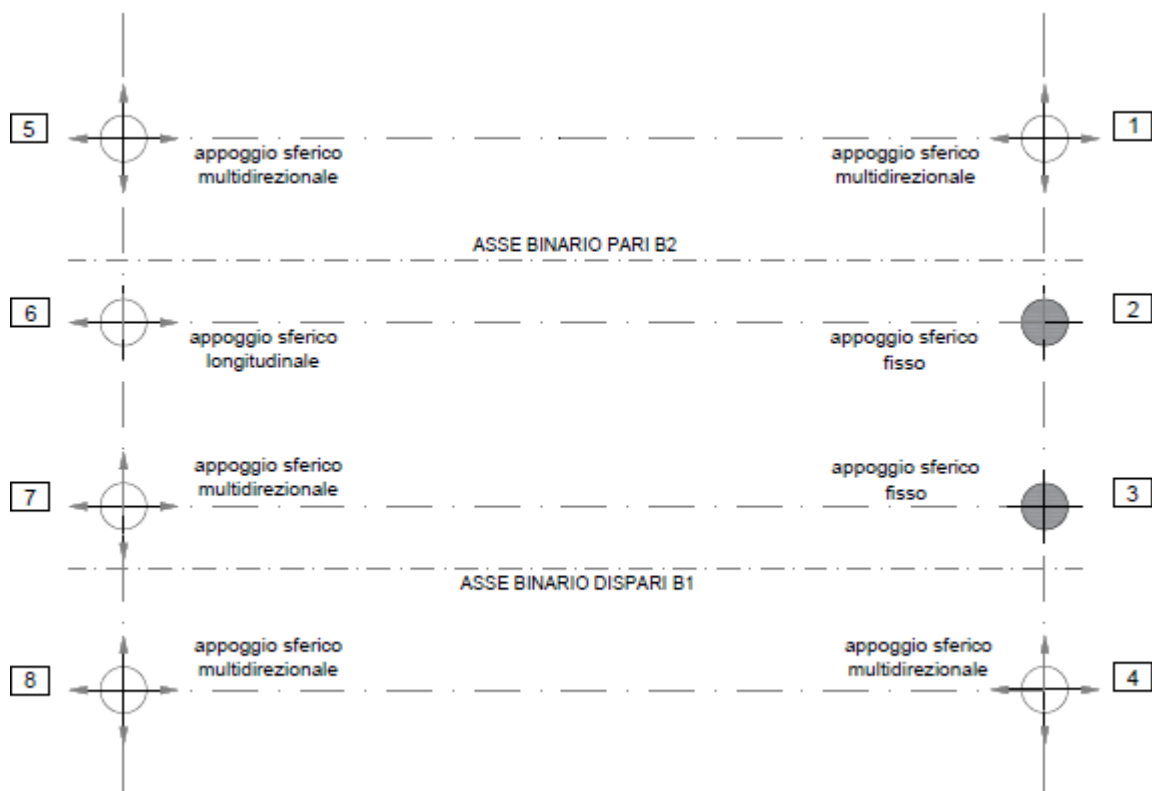


Figura 5: Schema di vincolo dell'impalcato tipo

Il raggio di curvatura minimo lungo il viadotto risulta > 800 m.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 10 di 180		

3 FASI COSTRUTTIVE

Sono previste le seguenti fasi di costruzione per l'impalcato in esame:

- **Fase 1:** posizionamento apparecchi di appoggio;
- **Fase 2.1:** varo delle travi centrali stabilizzate mediante ritegni verticali da posizionarsi sotto i traversi (2+2 per ogni trave);
- **Fase 2.2:** varo delle travi di bordo stabilizzate ognuna mediante 2+2 ritegni verticali da posizionarsi sotto i traversi, sia internamente che esternamente all'asse appoggi;
- **Fase 3:** inserimento dei tubi in gomma nelle guaine dei traversi e loro gonfiaggio;
- **Fase 4:** sigillatura dei traversi, sgonfiaggio dei tubi in gomma e loro sfilaggio;
- **Fase 5:** inserimento dei cavi di precompressione nei traversi:
 - tesatura al 10% dei cavi nei traversi e sbloccaggio degli apparecchi di appoggio;
 - completamento tesatura contemporanea dei 2 cavi dei traversi di testata;
 - completamento tesatura contemporanea dei 2 cavi dei traversi di campata;
 - iniezione delle guaine sotto vuoto;
- **Fase 6:** inghisaggio zanche inferiori appoggi e loro bloccaggio;
- **Fase 7:** posa in opera delle predalles e sigillatura degli elementi contigui con mastice;
- **Fase 8:** getto della soletta non oltre 150 giorni dal getto della trave;
- **Fase 9:** getto dei cordoli e dei muretti paraballast e posizionamento della scala di accesso al pulvino;
- **Fase 10:** opere di finitura.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 11 di 180

4 *NORMATIVA DI RIFERIMENTO*

L'analisi dell'opera e le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte in accordo con le vigenti disposizioni legislative e in particolare con le seguenti norme e circolari:

- Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2008".

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Legge 5-1-1971 n° 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- RFI DTC SI MA IFS 001 A – Dicembre 2016: Manuale di progettazione delle opere civili.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 12 di 180

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati, ricavate con riferimento alle indicazioni contenute D.M.14 gennaio 2008. Le classi di esposizione dei calcestruzzi sono coerenti con la UNI EN 206-1-2001.

5.1 CALCESTRUZZO

5.1.1 Travi in c.a.p. e traversi

Per gli elementi in calcestruzzo armato precompresso si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC4

C45/55 $f_{ck} \geq 45$ MPa $R_{ck} \geq 55$ MPa

Classe minima di consistenza: S4-S5

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	55	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	45.65	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	53.65	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	30.43	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	25.87	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	3.83	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2.68	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	4.60	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1.79	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	36416	N/mm ²

5.1.2 Soletta impalcato

Per il getto in opera della soletta di impalcato, per baggioni e ritegni, si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	13 di 180

Classe d'esposizione: XC4

C32/40 $f_{ck} \geq 32$ MPa $R_{ck} \geq 40$ MPa

Classe minima di consistenza: S4-S5

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33.20	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.20	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22.13	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18.81	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	3.10	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2.17	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.72	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1.45	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm ²

5.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Classe acciaio per armature ordinarie	B450C
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450$ MPa
Tensione caratteristica di rottura	$f_t \geq 540$ MPa
Modulo di elasticità	$E_a = 210000$ MPa

5.3 ACCIAIO DA PRECOMPRESSIONE

Si adotta per l'armatura da precompressione acciaio in trefoli classe 2 per precompressione da 0.6", con le caratteristiche riportate di seguito:

f_{ptk}	Tensione caratteristica di rottura	1860 N/mm ²
$f_{p(1)k}$	Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale	1670 N/mm ²
Γ_s	Coefficiente parziale di sicurezza agli S.L.U.	1.15

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 14 di 180

f_{ptd} Tensione di rottura di calcolo agli S.L.U. f_{ptk}/Γ_s

1617 N/mm²

E_s Modulo di resistenza

1.95*10⁵ N/mm²

$$\sigma_{rit} = \epsilon_{cs} * E_s = 0.0003 * 2.06 * 10^5 = 61.8 \text{ N/mm}^2$$

5.4 COPRIFERRI MINIMI

Si riportano di seguito i copriferri minimi per le strutture in calcestruzzo armato:

Soletta impalcato

4.0 cm

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014											
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.												
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.02.17.001</td> <td>A</td> <td>15 di 180</td> </tr> </table>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	15 di 180								

6 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

Si riporta di seguito l'analisi delle condizioni di carico elementari relative all'impalcato in esame.

6.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI G_1

I carichi permanenti strutturali sono valutati sulla base della geometria degli elementi costituenti la struttura e del peso specifico dei diversi materiali. Si assume $\gamma=25\text{kN/m}^3$ per il calcestruzzo. Si riportano di seguito i dati considerati per il calcolo del peso proprio degli elementi strutturali di impalcato:

CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI G_1			
Peso specifico cls	γ	25.00	kN/m^3
Larghezza impalcato	B	13.70	m
Luce trave C.A.P. (assi appoggi)	L	22.80	m
Numero di travi in C.A.P.	n	4	
Interasse travi in C.A.P.	i	2.41	m
Area sezione trave C.A.P. in mezzeria	A_m	1.090	m^2
Area sezione trave C.A.P. appoggio	A_a	1.970	m^2
Estensione sezione appoggio	l_1	2.550	m
Peso Proprio Trave C.A.P. (sez. appoggio)	p_{g1a}	49.25	kN/m
Peso Proprio Trave C.A.P. (sez. mezzeria)	p_{g1m}	27.25	kN/m
Peso Proprio 1 Trave C.A.P. (mediato)	$p_{g1,1}$	31.87	kN/m
Peso Proprio Travi Impalcato C.A.P.	$P_{g1,1}$	127.47	kN/m
Spessore trasversi centrale	s_{tc}	0.40	m
Spessore trasversi di testata	s_{tt}	0.40	m
Area trasverso centrale per trave	A_c	3.80	m^2
Area trasverso di testata per trave	A_t	3.80	m^2
Peso Proprio 1 trasverso centrale	p_{gc}	152.00	kN
Peso Proprio 1 trasverso di testata	p_{gt}	152.00	kN
Numero di trasversi centrali	n_1	2	
Numero di trasversi di testata	n_2	2	
Peso Proprio complessivo trasversi centrali	$p_{g1,2}$	304.00	kN
Peso Proprio 1 Trave C.A.P.+trasversi	$p_{g1,1}$	35	kN/m
Peso Proprio Travi Impalcato C.A.P.	$P_{g1,1}$	139.98	kN/m
Spessore soletta impalcato*	s_s	0.31	m

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 16 di 180

Larghezza soletta impalcato	L_s	13.7	m
Area sezione trasversale	A_{sez}	4.25	m ²
Peso Proprio soletta per trave	$P_{g1,2}$	26.54	kN/m
Peso Proprio soletta Impalcato	$P_{g1,2}$	106.18	kN/m

* il contributo della pendenza trasversale è computato in "Carichi permanenti non strutturali"

6.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI G_2

6.2.1 *Massicciata, armamento e impermeabilizzazione* $G_{2,1}$

La determinazione dei carichi permanenti portati relativi al peso della massicciata, dell'armamento e dell'impermeabilizzazione si è effettuata assumendo convenzionalmente un peso specifico di 18,0 kN/m³, applicato su tutta la larghezza media compresa fra i muretti paraballast, pari a 7.95m, per un'altezza media fra piano del ferro (P.F.) ed estradosso impalcato pari a 0,80 m.

Nella Tabella di seguito si riporta la sintesi del calcolo.

MASSICCIATA, ARMAMENTO e IMPERMEABILIZZAZIONE $G_{2,1}$			
Peso specifico massicciata (ponti in curva par. 5.2.2.1.1- DM 14.1.2008)	γ	20.00	kN/m ³
Larghezza media tra i muri paraballast	b_3	7.95	m
Spessore convenzionale ballast	s_3	0.80	m
Massicciata, armamento ed impermeabilizzazione	$P_{g2,1}$	127.20	kN/m

6.2.2 *Altri carichi permanenti non strutturali* $G_{2,2}$

Si riportano a seguire i carichi permanenti portati per l'intero impalcato.

CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI $G_{2,2}$			
Pendenza trasversale soletta 1.5%	$g_{2,2_1}$	13.75	kN/m
Massetto $s_p=5\text{cm}$ $b=178\text{ cm}$	$g_{2,2_2}$	4.45	kN/m
Muretti paraballast $h=70\text{cm}$ + cavidotti	$g_{2,2_3}$	14.50	kN/m
Cordoli laterali	$g_{2,2_4}$	8.20	kN/m
Veletta $A=0.25\text{mq}$	$g_{2,2_5}$	12.50	kN/m
Barriera antirumore	$g_{2,2_6}$	32.00	kN/m
Carichi permanenti portati (per impalcato)	$P_{g2,2\ tot}$	85.40	kN/m

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	17 di 180

6.3 CARICHI ACCIDENTALI Q₁

Nel presente paragrafo si esegue l'analisi delle azioni verticali associate ai convogli ferroviari per il tramite della definizione di modelli di carico: oltre a quelli di tipo "teorico" (modelli di carico LM71 e SW rappresentativi del traffico normale e pesante rispettivamente), di seguito descritti, si sono considerati anche i modelli di carico convenzionali di tipo "treno reale", presentati nel capitolo "Analisi dinamica".

Risulta che le sollecitazioni indotte dai treni reali, amplificate dai rispettivi coefficienti dinamici Φ reali, risultano sensibilmente inferiori alle sollecitazioni indotte dai treni di progetto, amplificate dal coefficiente dinamico di progetto Φ_3 . Pertanto si opererà con quest' ultimo approccio.

I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico sono stati moltiplicati per il coefficiente " α ", assunto come da Tabella seguente, in accordo con il "Manuale di progettazione delle opere civili":

Modello di carico	Coefficiente α
LM71	1.1
SW/0	1
SW/2	1

Tabella 1 – Coefficiente di adattamento α – Tab. 2.5.1.4.1-1 – Manuale di progettazione delle opere civili

6.3.1 Effetti dinamici

Secondo quanto riportato al par. 2.5.1.4.2.5 del "Manuale di progettazione delle opere civili", che riprende integralmente i contenuti del par. 5.2.2.3.3 del DM 14.1.2008, il coefficiente di incremento dinamico dei modelli di carico teorici adottato è:

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.73$$

INCREMENTO DINAMICO DEI CARICHI TEORICI			
Lunghezza caratteristica	L_Φ	22.80	m
Coefficiente di incremento dinamico (linee con normale standard manutentivo)	Φ_3	1.202	

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	18 di 180

essendo $LF = 22.8\text{m}$, in accordo con quanto indicato nella Tabella 2.5.1.4.2.5.3-1 per il caso 5.1: Travi e solette semplicemente appoggiate: L_{ϕ} = luce nella direzione delle travi principali.

6.3.2 Carichi verticali

Le azioni variabili verticali associate ai convogli ferroviari sono state definite in accordo con il par. 2.5.1.4.1. del "Manuale di progettazione delle opere civili" che riprende integralmente i contenuti dei par. 5.2.2.3.1.1 e 5.2.2.3.1.2 del DM 14.1.2008. I treni di carico adottati schematizzano gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale (treno di carico LM71) e pesante (treno di carico SW).

TRENO DI CARICO LM71

- Distribuzione longitudinale dei carichi assiali Q_{vk}

$$q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$$

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

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

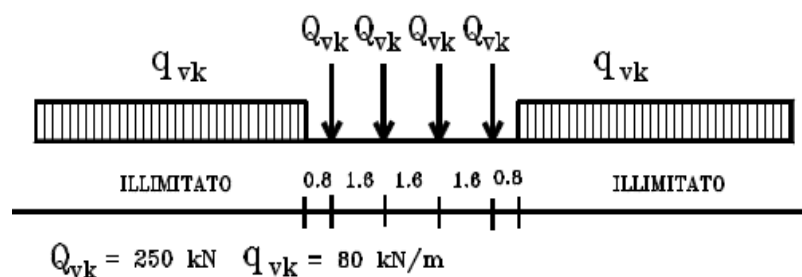


Figura 6: Treno di carico LM71

- Distribuzione trasversale dei carichi

Le azioni si sono distribuite trasversalmente eseguendo una diffusione del carico 4/1 attraverso la massicciata ed 1/1 dalla superficie di estradosso fino al piano medio della soletta. Si ha una ripartizione trasversale del carico su una larghezza b pari a:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A
				PAGINA 19 di 180		

DISTRIBUZIONE TRASVERSALE DEI CARICHI			
Larghezza traversina	b_{tra}	2.40	m
Spessore soletta impalcato	s_s	0.31	m
Spessore ballast sotto binario (asse binario)	s_3	0.49	m
Distribuzione trasversale dei carichi	b	2.95	m

Risulta pertanto, per il treno di carico LM71, un carico distribuito pari a:

$q_{vk} \times \alpha \times \Phi_3/b$	q_{vk}	35.80	kN/m²
$Q_{vk} \times \alpha \times \Phi_3/b$	Q_{vk}	69.92	kN/m²

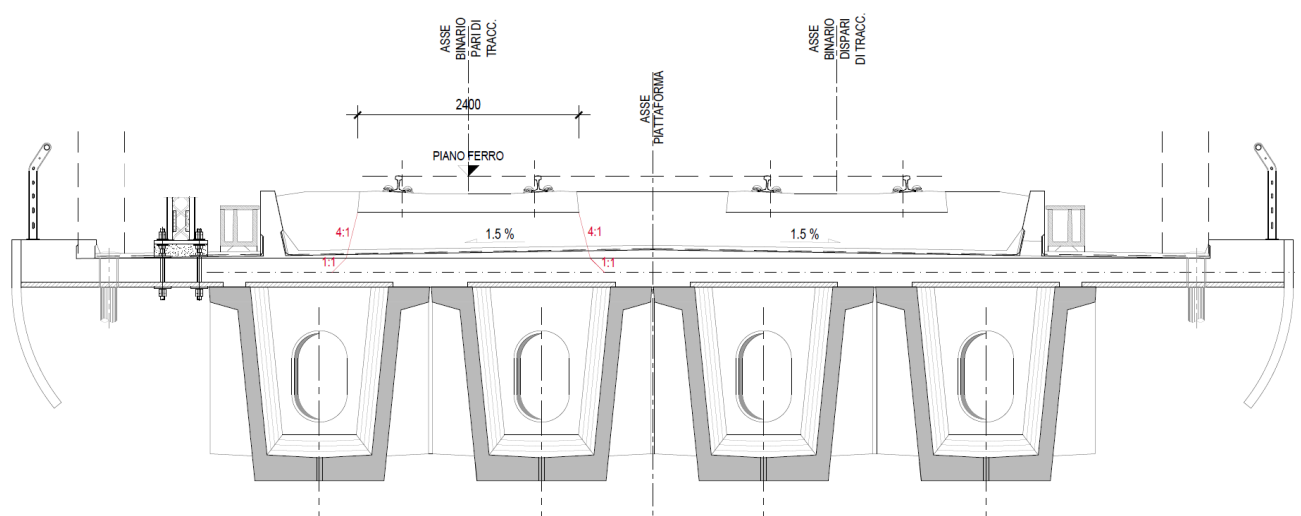


Figura 7: Distribuzione trasversale dei carichi

TRENO DI CARICO SW/2

- Distribuzione longitudinale dei carichi

$$q_{vk} = 150 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 1.0 \text{ (coefficiente di adattamento)}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A
				PAGINA 20 di 180		

Tipo di Carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/2	150	25,0	7,0

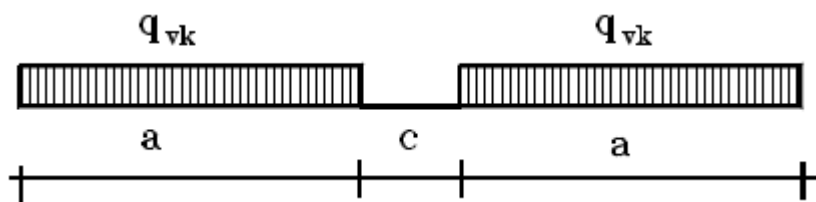


Figura 8: Treno di carico SW/2

- Distribuzione trasversale dei carichi

Le azioni si sono distribuite trasversalmente secondo i medesimi criteri descritti per il treno di carico LM71.

Risulta pertanto, per il treno di carico SW/2, un carico distribuito pari a:

$q_{vk} \times \alpha \times \Phi_3 / b$	q_{vk}	61.02	kN/m²
------------------------------------------	----------	--------------	-------------------------

Ciascuno dei due modelli di carico teorici è stato implementato nel programma di analisi strutturale agli elementi finiti MidasGen; tale codice di calcolo, tramite l'utility 'Moving Load Case', consente di definire di volta in volta l'effetto più gravoso, in termini di sollecitazioni, deformazioni, reazioni vincolari, che le varie configurazioni di carichi mobili, individuate automaticamente, producono sui vari elementi finiti costituenti il modello di calcolo

Eccentricità dei carichi accidentali

L'applicazione dei carichi accidentali sugli elementi strutturali dell'impalcato dipende trasversalmente dalle eccentricità di questi rispetto all'asse dell'impalcato. Le eccentricità dei carichi sono legate a diversi fattori:

- eccentricità dovuta al tracciato: distanza asse tracciato-asse impalcato;
- eccentricità dovuta al sovrizzo;
- eccentricità propria del modello di carico.

Nel caso in esame si è tenuto conto della sola eccentricità propria del modello di carico, in quanto risultano trascurabili le eccentricità dovute al tracciato e al sovrizzo.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	21 di 180

Per il modello di carico LM71 è prevista un'eccentricità pari a $\varepsilon_3 = 143.5/18 = 7.97 \text{ cm} \approx 8.0 \text{ cm}$, essendo 143.5 cm il valore dello scartamento, considerata nella direzione più sfavorevole, ossia verso l'asse del binario relativo al treno SW/2 per ottenere la condizione più critica ai fini delle verifiche sui cassoni.

Per il modello di carico SW/2 non è prevista un'eccentricità propria.

6.3.3 Numero di treni contemporanei

Conformemente a quanto riportato nel par. 5.2.3.1.2_Tab.5.2.III del DM 14.1.2008, si sono considerati due treni contemporanei sull'impalcato, sia per il traffico normale che per quello pesante.

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante ⁽²⁾
		caso a ⁽¹⁾	caso b ⁽¹⁾	
1	Primo	1,0 (LM 71 ⁺⁺ SW/0 ⁺⁺)	-	1,0 SW/2
2	Primo	1,0 (LM 71 ⁺⁺ SW/0 ⁺⁺)	-	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71 ⁺⁺ SW/0 ⁺⁺)	-	1,0 (LM 71 ⁺⁺ SW/0 ⁺⁺)
≥ 3	Primo	1,0 (LM 71 ⁺⁺ SW/0 ⁺⁺)	0,75 (LM 71 ⁺⁺ SW/0 ⁺⁺)	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71 ⁺⁺ SW/0 ⁺⁺)	0,75 (LM 71 ⁺⁺ SW/0 ⁺⁺)	1,0 (LM 71 ⁺⁺ SW/0 ⁺⁺)
	Altri	-	0,75 (LM 71 ⁺⁺ SW/0 ⁺⁺)	-

⁽¹⁾ LM71 “+” SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

⁽²⁾ Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Tabella 2 – Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte – Tab.5.2.III del DM 14.1.2008

6.4 TRENO SCARICO Q₂

La condizione di “Treno Scarico” è stata simulata con un carico uniformemente distribuito, in accordo con quanto previsto al par. 5.2.2.3.1.3 del DM 14.1.2008.

Treno scarico Q ₂	Q ₂	10.00	kN/m
------------------------------	----------------	-------	------

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	22 di 180

6.5 AZIONI DI AVVIAMENTO E FRENATURA Q₃

L'azione di frenatura ed avviamento dei treni è definita secondo quanto riportato nel par. 2.5.1.4.3.3 del "Manuale di progettazione delle opere civili".

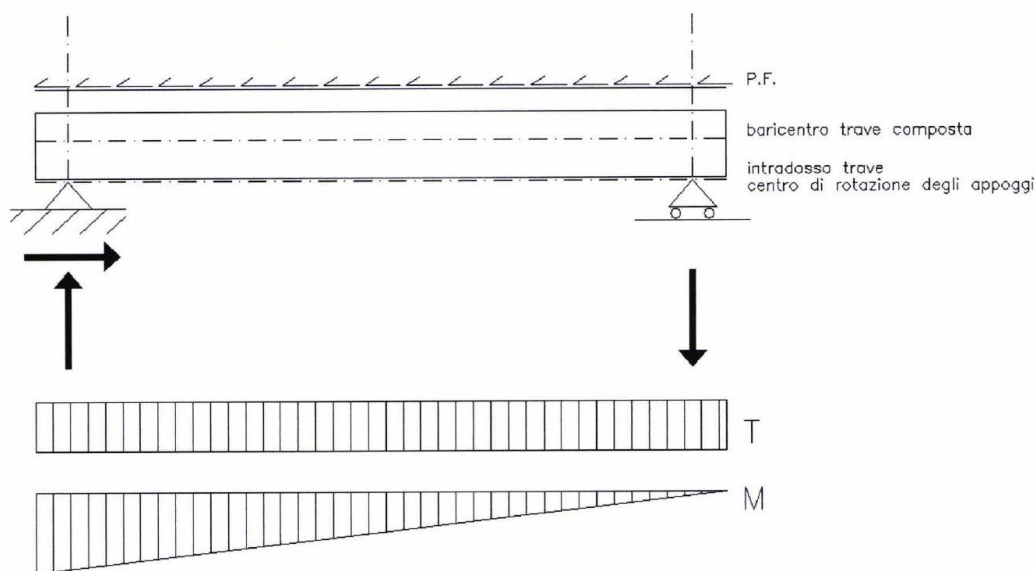


Figura 9: Sollecitazioni indotte da frenatura e avviamento dei treni

FRENATURA E AVVIAMENTO			
Lunghezza di binario	L	25.00	m
Luce trave C.A.P.	L _{trave}	22.80	m
Distanza tra intradosso trave e piano del ferro +10cm*	d	3.40	m
Braccio tra baricentro sezione composta ed intradosso trave +10cm*	h	1.52	m
<i>*Il momento è valutato come effetto flettente applicato nel baricentro della trave composta che dista 1.42m dall'intradosso della trave a cui si aggiungono 0,10 m fino all'asse di rotazione degli appoggi</i>			
Treno SW/2 in frenatura			
$q_{lb,k} = 35 \text{ kN/m} \times L \times \alpha$	Q _{lb,k}	875.00	kN
Forza orizzontale appoggio fisso	F _o (fisso)	875.00	kN
Forza verticale appoggio fisso=mobile	F _v (fisso/mobile)	130.48	kN
Taglio agente	V	130.48	kN
Momento agente	M_±	1330.00	kN/m
Treno LM71 in avviamento			

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 23 di 180

$q_{la,k} = 33 \text{ kN/m} \times L \times \alpha$	$q_{la,k}$	907.50	kN
Forza orizzontale appoggio fisso	F_o (fisso)	907.50	kN
Forza verticale appoggio fisso=mobile	F_v (fisso/mobile)	135.33	kN
Taglio agente	V	135.33	kN
Momento agente	M±	1379.40	kN/m

Momento complessivo sull'impalcato dovuto alla frenatura e all'avviamento in mezzera:

Momento per frenatura del treno SW/2	M_{SW2}	665.00	kN/m
Momento per avviamento del treno LM71	M_{LM71}	689.70	kN/m

Su ogni trave considerando una ripartizione uniforme si ha:

Momento per frenatura del treno SW/2	M_{SW2}	166.25	kN/m
Momento per avviamento del treno LM71	M_{LM71}	172.43	kN/m

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	24 di 180

6.6 AZIONE CENTRIFUGA Q_4

Nei ponti ferroviari al di sopra dei quali il binario presenta un tracciato in curva deve essere considerata la forza centrifuga agente su tutta l'estensione del tratto in curva. La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1.80m al di sopra del P.F..

Il valore caratteristico della forza centrifuga si determina in accordo con le seguenti espressioni:

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

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

dove:

- Q_{tk} - q_{tk} è il valore caratteristico della forza centrifuga, espresso in kN/m;
- Q_{vk} - q_{vk} è il valore caratteristico dei carichi verticali ferroviari, espresso in kN/m;
- V è la velocità di progetto, espressa in km/h;
- f è un fattore di riduzione;
- r è il raggio di curvatura, espresso in m.

L'azione centrifuga viene determinata per i modelli di carico LM71 e SW/2 associando alle grandezze precedentemente indicate quanto contenuto nella tabella 2.5.1.4.3.1-1 del "Manuale di progettazione delle opere civili".

Per quanto riguarda il modello di carico SW/2 si è assunta una velocità V uguale a 100 km/h, un valore di f pari ad 1 ed il valore di α pari a 1.

Per il modello di carico LM71, essendo la velocità di progetto superiore ai 120 km/h, sono stati considerati due casi:

- Modello di carico LM71 e forza centrifuga per $V= 120$ km/h in accordo con le formule precedenti dove $f = 1$;
- Modello di carico LM71 e forza centrifuga calcolata secondo le precedenti espressioni per la massima velocità di progetto ($V=130$ km/h).

La forza centrifuga, in accordo con quanto prescritto nel "Manuale di progettazione delle opere civili", non è stata incrementata dai coefficienti dinamici.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 25 di 180
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						

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

Tabella 3 – Parametri per determinazione della forza centrifuga – Tab. 2.5.1.3.1-1 – Manuale di progettazione delle opere civili

AZIONE CENTRIFUGA			
Velocità di progetto	V	130	km/h
Velocità massima di calcolo per modello SW2	V _{SW2}	100	km/h
Raggio di curvatura minimo associato alla velocità di progetto	r	800	m
Fattore di riduzione-modello SW2 (Tab. 2.5.1.4.3.1-1)	f	1.00	-
Lunghezza di influenza della parte curva di binario carico sul ponte	L _f	2.88	m
Fattore di riduzione per V>120km/h-modello LM71 (Tab. 2.5.1.4.3.1-1)	f*	1.00	-
Valore caratteristico del traffico verticale associato (SW2)	qv _{kSW2}	150.00	kN/m
Valore caratteristico del traffico verticale associato (LM71)	qv _{kLM71}	80.00	kN/m
Valore caratteristico del traffico verticale associato (LM71)	Qv _{kLM72}	250.00	kN
Azione centrifuga per singolo treno - modello SW2 (min(V;V_{sw2}),r)	qtk_{_sw2}	14.76	kN/m
Azione centrifuga per singolo treno - modello LM71 (V ₁₂₀ ;f)	qtk _{_LM71-V120}	12.47	kN/m
Azione centrifuga per singolo treno - modello LM71 (V;r)	qtk _{_LM71-V}	13.31	kN/m
Azione centrifuga di progetto per singolo treno - modello LM71	qtk_{_LM71}	13.31	kN/m
Azione centrifuga per singolo treno - modello LM71 (V ₁₂₀ ;r)	Qtk _{_LM71-V120}	38.98	kN
Azione centrifuga per singolo treno - modello LM71 (V;r)	Qtk _{_LM71-V}	41.58	kN
Azione centrifuga di progetto per singolo treno - modello LM71	Qtk_{_LM71}	41.58	kN
Braccio tra baricentro sezione composta e piano del ferro	H _{br}	1.88	m

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	26 di 180

Momento dato dall'azione centrifuga sull'impalcato in corrispondenza del treno SW2	M_{SW2}	54.33	kNm/m
Momento dato dall'azione centrifuga sull'impalcato in corrispondenza delle azioni distribuite del treno LM71	M_{LM71_d}	48.97	kNm/m
Momento dato dall'azione centrifuga sull'impalcato in corrispondenza delle azioni concentrate del treno LM71	M_{LM71_c}	153.03	kNm

In favore di sicurezza, il fattore di riduzione della forza centrifuga è stato assunto unitario anche nel caso del modello di carico LM71 e forza centrifuga calcolata per la massima velocità di progetto.

6.7 AZIONE LATERALE (SERPEGGIO) Q_5

L'azione laterale associata al serpeggio è definita secondo quanto riportato nel par. 2.5.1.4.3.2 del "Manuale di progettazione delle opere civili", che riprende il par. 5.2.2.4.2 del DM 14.1.2008, ed equivale ad una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario, del valore di 100 kN.

L'azione orizzontale in esame è stata considerata ai soli fini del calcolo delle azioni sugli apparecchi di appoggio.

L'azione del serpeggio viene riportata nel modello di analisi nel baricentro delle travi (sezione omogeneizzata), come forza orizzontale e coppia concentrata. La forza orizzontale, diretta verso l'esterno, viene ripartita in parti uguali sulle travi della fascia resistente, che corrispondono nel caso in esame alle due travi sotto il binario; la coppia concentrata viene assegnata alle due travi più esterne della fascia considerata, sotto forma di forze verticali determinate da un meccanismo di tira e spingi.

AZIONE LATERALE (Serpeggio)			
Forza caratteristica di serpeggio	Q_{SK5}	100.00	kN
Braccio tra baricentro sezione composta ed intradosso trave	y_g	1.42	m
Braccio tra baricentro sezione composta e piano del ferro	H_{br}	1.88	m
Numero travi della fascia resistente	n	2	-
Interasse tra le travi più esterne della fascia resistente	i	2.41	m
Momento agente (hp: un solo binario caricato)	M	188.00	kNm
Forze verticali (hp: coinvolte solo le due travi più esterne della fascia resistente)	$R_{iv} = -R_{jv}$	78.01	kN
Forza orizzontale sulle travi della fascia resistente	R_o	50.00	kN

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 27 di 180
		TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				

Le azioni verticali e orizzontali valutate sulle travi, sono state applicate come carico uniformemente distribuito longitudinalmente su una lunghezza di 2.00m, pertanto si ha:

LM71

Lunghezza di applicazione del carico	L	2.00	m
Forze verticali (hp: coinvolte solo le due travi più esterne della fascia resistente) al metro	$r_{iv}=-r_{jv}$	42.90	kN/m
Forze orizzontali (hp: coinvolte solo le travi della fascia resistente) al metro	r_o	27.50	kN/m

SW/2

Lunghezza di applicazione del carico	L	2.00	m
Forze verticali (hp: coinvolte solo le due travi più esterne della fascia resistente) al metro	$r_{iv}=-r_{jv}$	39.00	kN/m
Forze orizzontali (hp: coinvolte solo le travi della fascia resistente) al metro	r_o	25.00	kN/m

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.02.17.001</td> <td>A</td> <td>28 di 180</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	28 di 180
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	28 di 180								

6.8 AZIONE DEL VENTO Q₆

Il calcolo dell'azione del vento è stato condotto secondo quanto riportato al par. 3.3 del DM 14.1.2008; si riportano di seguito i principali parametri di calcolo:

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

Zona	v _{b,0} [m/s]	a ₀ [m]	k _s [1/s]
3	27	500	0.02
a _s (altitudine sul livello del mare [m])	26		
T _R (Tempo di ritorno)	112.5		
$v_b = v_{b,0}$ per a _s ≤ a ₀ $v_b = v_{b,0} + k_s (a_s - a_0)$ per a ₀ < a _s ≤ 1500 m			
v _b (T _R = 50 [m/s])	27.000		
α _R (T _R)	1.04681		
v _b (T _R) = v _b × α _R [m/s]	28.264		

p (pressione del vento [N/mq]) = q _b · c _e · c _p · c _d
q _b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
c _e (coefficiente di esposizione)
c _p (coefficiente di forma)
c _d (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

q _b [N/mq]	499.28
-----------------------	--------

Coefficiente di forma

È il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati sul fragore di opportuno documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto su relativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quelli gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capanni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

La pressione cinetica di riferimento è pari a:

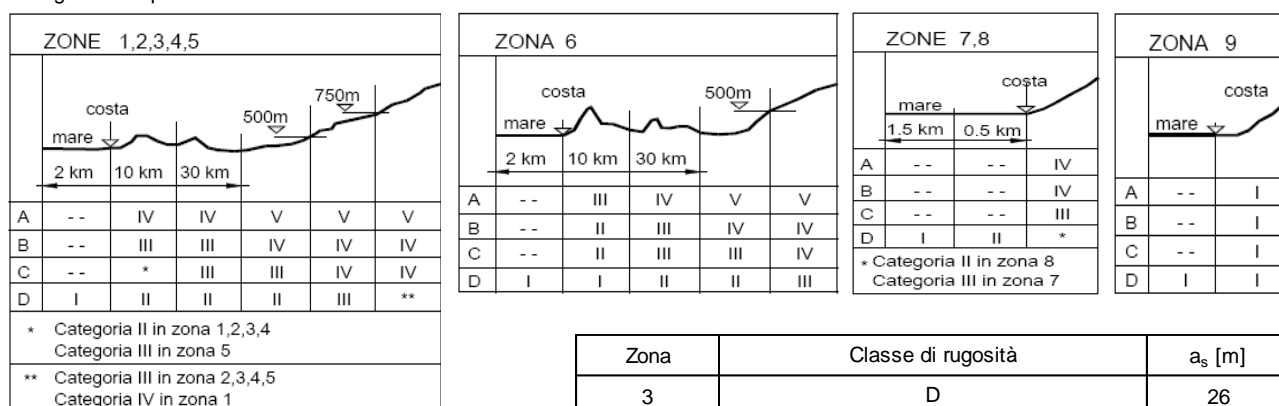
$$q_b = 499.28 \text{ N/m}^2$$

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 29 di 180

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

Categoria di esposizione

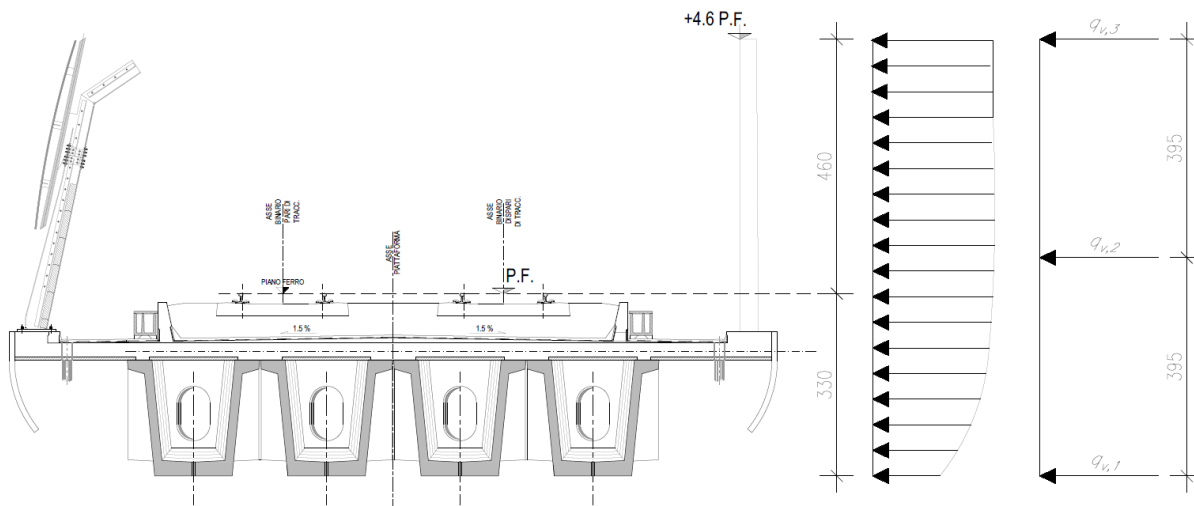


$$C_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

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

Cat. Esposiz.	k _r	z ₀ [m]	z _{min} [m]	c _t
II	0.19	0.05	4	1

Con riferimento all'andamento mostrato nella seguente Figura si valuta la pressione del vento alle tre diverse quote della superficie totale investita; in particolare si approssima l'andamento della curva logaritmica con una curva ad andamento bilineare avente un valore minimo, uno intermedio e uno massimo. Dai tre valori di pressione ottenuti, si ricava una pressione media considerata uniformemente distribuita sull'intera superficie investita:



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 30 di 180

VENTO			
Altezza massima del terreno rispetto al PF	Z	14.60	m
Distanza tra PF ed intradosso trave	d	3.30	m
Pressione cinetica	q _b	499.28	N/m ²
Altezza barriera dal P.F.	H _{1barr}	4.44	m
Distanza del P.F. dal cordolo	H _{2barr}	0.69	m
Altezza totale impalcato e barriera	H _{tot}	7.74	m
Coefficiente di forma c _p = 1.4 secondo p.to C3.3.10.4.1-NTC08 - con φ=1	C _p	1.40	-
Parametro per il coefficiente di esposizione	k _r	0.19	-
Parametro per il coefficiente di esposizione	Z ₀	0.05	m
Coefficiente di topografia	C _t	1.00	-
Calcolo di q_{v,1}			
Altezza di riferimento	Z	11.30	m
Coefficiente di esposizione	C _e	2.430	
Pressione del vento in 1	q_{v,1}	1.70	kN/m²
Calcolo di q_{v,2}			
Altezza di riferimento	Z	15.17	m
Coefficiente di esposizione	C _e	2.623	
Pressione del vento in 2	q_{v,1}	1.83	kN/m²
Calcolo di q_{v,3}			
Altezza di riferimento	Z	19.04	m
Coefficiente di esposizione	C _e	2.776	
Pressione del vento in 3	q_{v,1}	1.94	kN/m²
Forza totale agente	F_{tot}	14.14	kN/m
Pressione media agente sull'intera superficie	p_{media}	1.83	kN/m²

Si assume una pressione di progetto pari a 2,5kN/m².

Risulta pertanto sul lato direttamente investito dal carico del vento:

Forza sul lato direttamente esposto all'azione del vento	F_{wk1}	19.35	kN/m
Momento rispetto al baricentro dell'impalcato	M₁	47.41	kNm/m

Tale azioni sono applicate interamente in corrispondenza della trave direttamente esposta all'azione del vento.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 31 di 180

Sull'altro lato, per effetto dell'azione agente sulla sola barriera antirumore, si generano sull'impalcato:

Forza sull'altro lato dovuta all'azione agente sulla sola barriera antirumore	F_{wk2}	12.83	kN/m
Momento rispetto al baricentro dell'impalcato	M₂	48.16	kNm/m

6.9 EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI

Gli effetti aerodinamici associati al passaggio dei treni sono analoghi a quelli del vento (carichi equivalenti statici sulle barriere antirumore). L'intensità della pressione da considerare viene determinata secondo quanto indicato nel punto 2.5.1.4.6. del Manuale, che riporta integralmente il contenuto del par.5.2.2.7 del DM 14.1.2008: i valori caratteristici dell'azione $\pm q_{1k}$ relativi a superfici verticali parallele al binario sono forniti nella Figura 5.2.8 del DM 14.1.2008, riportata di seguito, in funzione della distanza a_g dall'asse del binario più vicino, valutata secondo quanto prescritto nel par.5.2.2.7.4.

$$a'_g = 0,60 \min a_g + 0,40 \max a_g$$

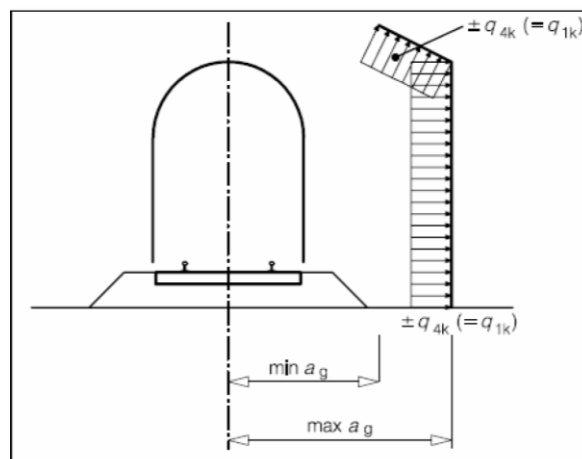


Figura 10: Definizione della distanza $\max a_g$ e $\min a_g$ dall'asse del binario

Distanza minima della barriera dai binari	$\min a_g$	2.25	m
Distanza massima della barriera dai binari	$\max a_g$	4.30	m
Distanza fittizia dal binario per strutture con superfici multiple (par. 5.2.2.7.4)	a'_g	3.1	m

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 32 di 180

EFFETTI AERODINAMICI

Velocità della linea	V	130.00	km/h
Fattore di forma aerodinamica sfavorevole	k ₁	1.00	-
Valore caratteristico di pressione da Fig. 5.2.8-“Manuale di progettazione delle opere civili”	q _{1k} ±	0.20	kN/m ²
Pressione caratteristica	q_{1k} ±	0.20	kN/m²

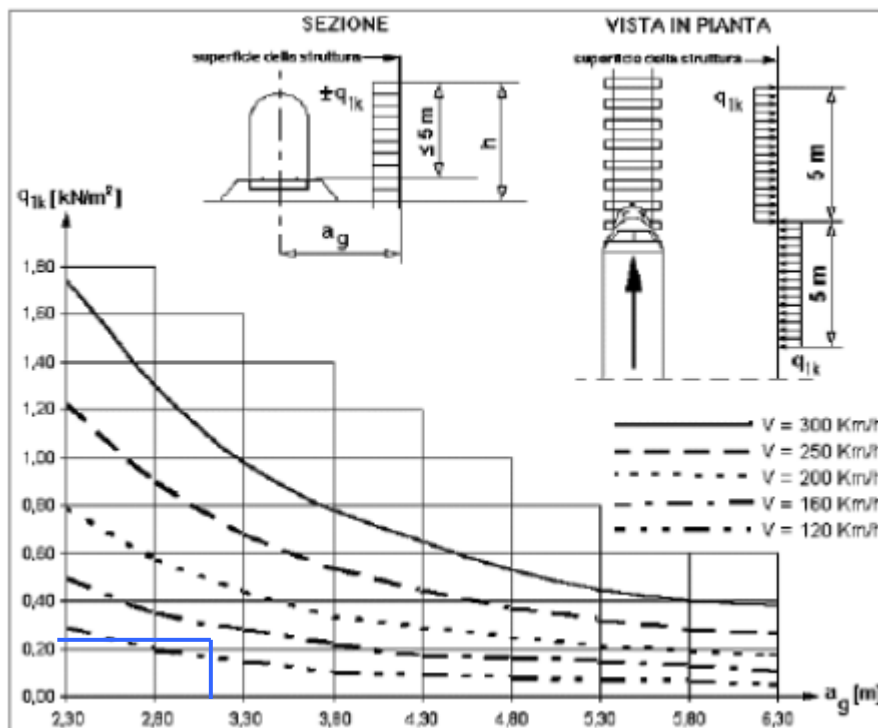


Figura 11: Valori caratteristici delle azioni q_{1k} per superfici verticali parallele al binario – da Fig. 5.2.8 -“Manuale di progettazione delle opere civili”

Si ottiene pertanto nel caso in esame:

Altezza barriera dal P.F.	H _{1barr}	4.44	m
Distanza del P.F. dal cordolo	H _{2barr}	0.69	m
Distanza del P.F. del baricentro della soletta	H _{sol}	1.05	m
Forza ortogonale alla barriera	F_{wk}	1.03	kN/m
Momento rispetto al baricentro della soletta	M_{wk}	3.00	kNm/m

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 33 di 180

6.10 CARICHI SUI MARCIAPIEDI

Il carico sui marciapiedi è definito in accordo a quanto precisato al par. 2.5.1.4.1.6 del “Manuale di progettazione delle opere civili”.

$$q_{vk} = 10.0 \text{ kN/m}^2$$

Per questo tipo di carico, che non deve considerarsi contemporaneo al transito dei convogli ferroviari, non deve applicarsi l'incremento dinamico.

Essendo la larghezza del marciapiede pari a 0.82m si ha un carico verticale di:
 $10\text{kN/m}^2 \cdot 0.82\text{m} = 8.2\text{kN/m}$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 34 di 180

6.11 AZIONI SISMICHE Q7

L'azione sismica non risulta dimensionante per l'impalcato, tuttavia se ne fornisce di seguito l'analisi in quanto propedeutica per la verifica degli appoggi e dei ritegni, esibita alla fine del documento.

La descrizione e la valutazione dell'azione sismica riportate di seguito seguono le specifiche del DM 14.1.2008.

L'azione sismica è descritta mediante spettri di risposta elastici e di progetto. In particolare nel DM 14.1.2008, vengono presentati gli spettri di risposta in termini di accelerazioni orizzontali e verticali.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione orizzontale è la seguente:

$$0 \leq T \leq T_B \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

In cui:

$$S = S_s \cdot S_T;$$

S_s : coefficiente di amplificazione stratigrafico;

S_T : coefficiente di amplificazione topografica;

η : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ($\eta=1$ per $\xi=5$):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 35 di 180

a_g : accelerazione massima al suolo;

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

T_B, T_C, T_D : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = C_C \cdot T_c^*$$

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

$$T_D = 4.0 + \frac{a_g}{g} + 1.6$$

In cui :

C_C : coefficiente che tiene conto della categoria del terreno;

T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione verticale è la seguente:

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

$$T_B \leq T \leq T_C \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

nelle quali:

$S = S_S \times S_T$: con S_S pari sempre a 1 per lo spettro verticale;

η : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ($\eta=1$ per $\xi=5$):

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 36 di 180

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

T_B, T_C, T_D: periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = 0.05 \quad T_B = 0.15 \quad T_D = 1.0$$

F_V: fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima mediante la relazione:

$$F_V = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

Di seguito si riporta il calcolo dei parametri per la valutazione degli spettri in accelerazione orizzontale e verticale, effettuata mediante l'utilizzo del software "Spettri NTC ver. 1.0.3" reperibile presso il sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Vita Nominale

La vita nominale di un'opera strutturale (V_N), è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato nella seguente tabella.

TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale (VN)
Opere nuove su infrastrutture ferroviarie progettate con le norme vigenti prima del DM14/1/2008 a velocità convenzionale V<250 Km/h	50
Altre opere nuove a velocità V<250 Km/h	75
Altre opere nuove a velocità V>250 Km/h	100
Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti con campate di luce maggiore di 150 m	≥100

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale VN = 75 anni.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 37 di 180

Classi D'uso

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 prevede quattro categorie di classi d'uso riportate nel seguito:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe III o in Classe IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade", e di tipo quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti o reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per l'opera in oggetto si considera una **Classe d'uso III**.

Periodo di Riferimento dell'Azione Sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_n per il coefficiente d'uso C_u :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_u è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1	1.5	2

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 38 di 180

Pertanto per l' opera in oggetto il periodo di riferimento è pari a $75 \times 1,5 = 112,5$ anni.

Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportati nella tabella successiva.

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Accelerazione (a_g), fattore (F_0) e periodo (T^*_c)

Ai fini del D.M. 14-01-2008 le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima sul sito;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I parametri prima elencati dipendono dalle coordinate geografiche, espresse in termini di latitudine e longitudine, del sito interessato dall'opera, dal periodo di riferimento (V_R), e quindi dalla vita nominale (V_N) e dalla classe d'uso (C_u) e dallo stato limite considerato. Si riporta nel seguito la valutazione di detti parametri per i vari stati limite.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 39 di 180

Latitudine: 40.934039°

Longitudine: 14.355459°

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.072	2.345	0.324
SLD	113	0.092	2.351	0.335
SLV	1068	0.218	2.470	0.357
SLC	2193	0.269	2.560	0.359

Tabella 4: Valutazione dei parametri a_g , F_0 e T_C^* per i periodi di ritorno associati a ciascuno stato limite

I parametri ai quali si è fatto riferimento nella definizione dell'azione sismica di progetto, indicati nella tabella precedente, corrispondono, cautelativamente, a quei parametri che danno luogo al sisma di massima entità, fra tutti quelli individuati lungo le progressive dell'opera in progetto.

Sono stati presi in esame, secondo quanto previsto dal DM 14.1.2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", cap. 7.1, i seguenti Stati Limite sismici:

- SLV: Stato Limite di Salvaguardia della Vita (Stato Limite Ultimo)
- SLD: Stato Limite di Danno (Stato Limite di Esercizio)
- SLC: Stato Limite di Collasso (Stato Limite Ultimo)
- SLO: Stato Limite di Operatività (Stato Limite di Esercizio)

Le azioni sismiche relative allo stato limite di operatività (SLO) e allo stato limite di danno (SLD) non sono state considerate perché poco significative in relazione alle combinazioni di natura statica.

Si riportano al termine dell'analisi, i parametri ed i punti dello spettro di risposta elastici per i restanti stati limite.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	40 di 180

Classificazione dei terreni

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, la valutazione dell'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, deve essere basata su studi specifici di risposta sismica locale esistenti nell'area di intervento. In mancanza di tali studi la normativa prevede la classificazione, riportata nella tabella seguente, basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_{s30} , ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica (per terreni prevalentemente granulari), ovvero sulla coesione non drenata media c_u (per terreni prevalentemente coesivi).

Categoria di suolo di fondazione	Descrizione
Cat. A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
Cat. B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)
Cat. S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
Cat. S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Si considera una **categoria C** di suolo di fondazione.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A
				PAGINA 41 di 180		

Amplificazione stratigrafica

I due coefficienti prima definiti, S_s e C_c , dipendono dalla categoria del sottosuolo come mostrato nel prospetto seguente.

Per i terreni di categoria A, entrambi i coefficienti sono pari a 1, mentre per le altre categorie i due coefficienti sono pari a:

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_{gr}}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_{gr}}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_{gr}}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_{gr}}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Nel caso in esame (categoria di sottosuolo C) allo SLV risulta:

$$S_s = 1.38$$

$$C_c = 1.48$$

Amplificazione topografica

Per poter tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente tabella.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Nel caso in esame $S_T = 1$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 42 di 180

6.11.1 Spettri di risposta elastici

In accordo con le prescrizioni normative, è stato considerato lo spettro di risposta elastico ai fini della valutazione delle azioni sugli apparecchi di appoggio.

Stato limite di salvaguardia della vita

Di seguito si forniscono lo spettro di risposta elastico per lo stato limite di salvaguardia della vita e la tabella dei parametri rispettivi.

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

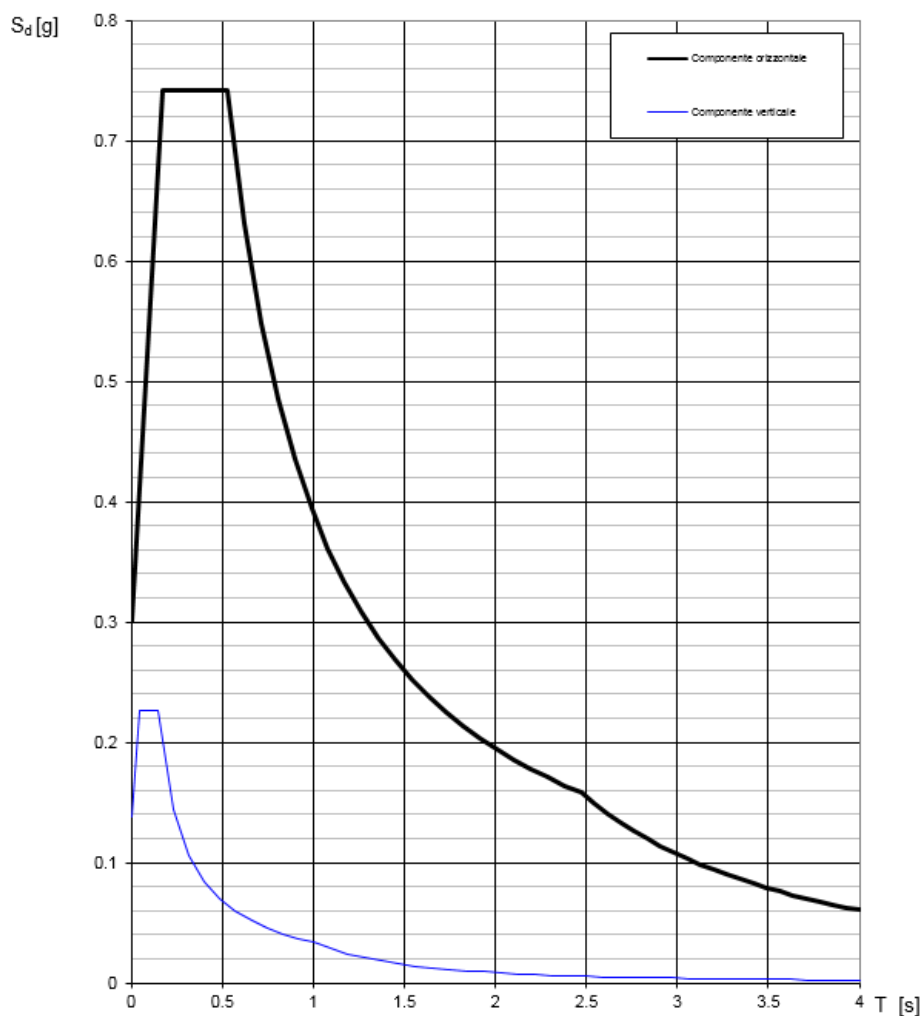


Figura 12: Spettri di risposta elastici_SLV (Componente orizzontale e verticale)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 43 di 180

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.218 g
F_0	2.470
T_C	0.357 s
S_S	1.377
C_C	1.476
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.377
η	1.000
T_B	0.175 s
T_C	0.526 s
T_D	2.473 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.300
T_B	0.175	0.742
T_C	0.526	0.742
	0.619	0.631
	0.712	0.549
	0.804	0.485
	0.897	0.435
	0.990	0.394
	1.082	0.361
	1.175	0.332
	1.268	0.308
	1.360	0.287
	1.453	0.269
	1.546	0.253
	1.638	0.238
	1.731	0.225
	1.824	0.214
	1.916	0.204
	2.009	0.194
	2.102	0.186
	2.195	0.178
	2.287	0.171
	2.380	0.164
T_D	2.473	0.158
	2.545	0.149
	2.618	0.141
	2.691	0.133
	2.764	0.126
	2.836	0.120
	2.909	0.114
	2.982	0.109
	3.054	0.103
	3.127	0.099
	3.200	0.094
	3.273	0.090
	3.345	0.086
	3.418	0.083
	3.491	0.079
	3.564	0.076
	3.636	0.073
	3.709	0.070
	3.782	0.067
	3.855	0.065
	3.927	0.063
	4.000	0.060

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 44 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo								

Stato limite di collasso

Di seguito si forniscono lo spettro di risposta elastico per lo stato limite di collasso e la tabella dei parametri rispettivi.

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

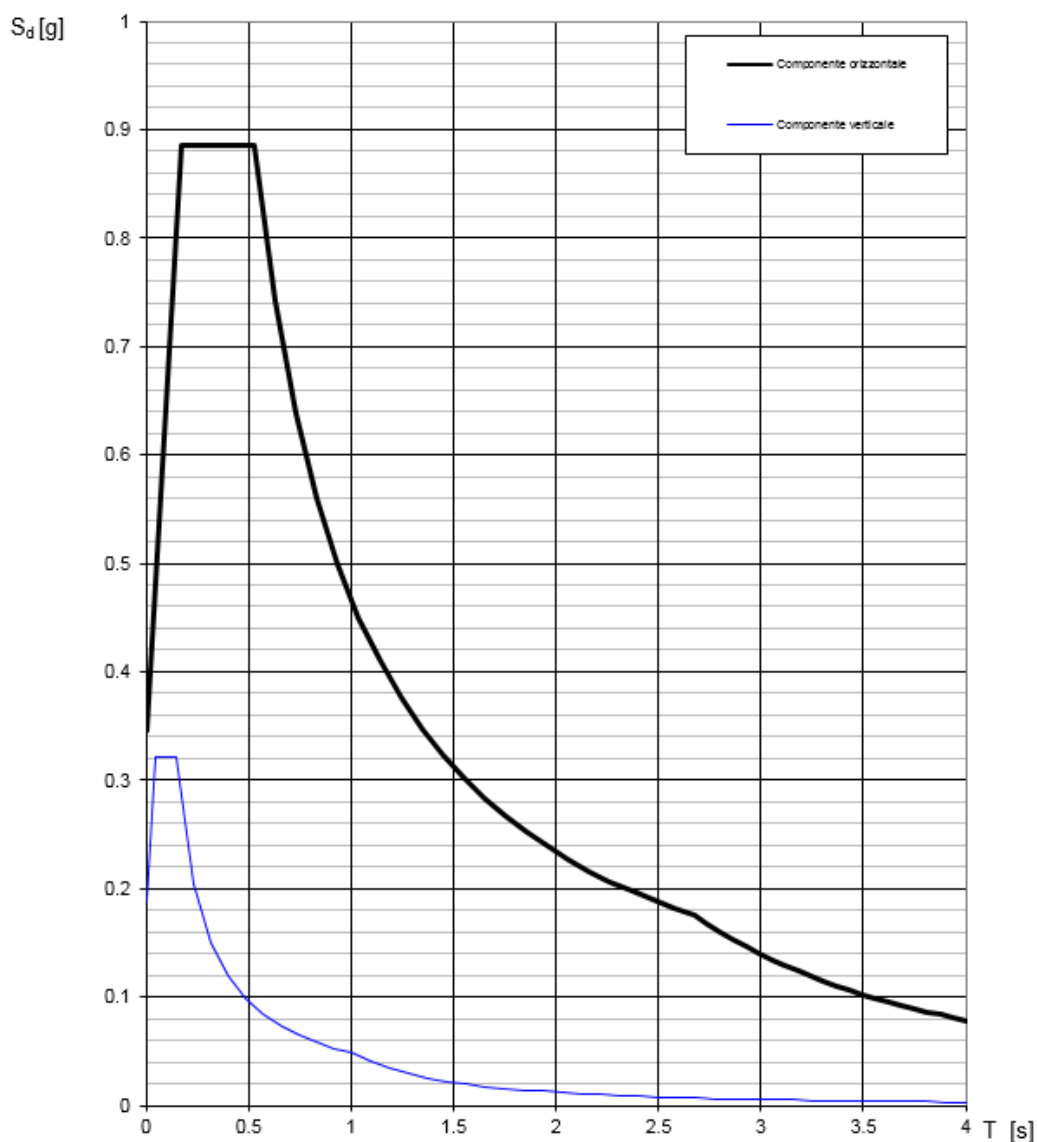


Figura 13: Spettri di risposta elastici_SLC (Componente orizzontale e verticale)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 45 di 180

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_g	0.269 g
F_0	2.560
T_C	0.359 s
S_S	1.287
C_C	1.472
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.287
η	1.000
T_B	0.176 s
T_C	0.529 s
T_D	2.675 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.346
T_B	0.176	0.886
T_C	0.529	0.886
	0.631	0.742
	0.733	0.639
	0.835	0.560
	0.937	0.499
	1.040	0.450
	1.142	0.410
	1.244	0.376
	1.346	0.348
	1.448	0.323
	1.551	0.302
	1.653	0.283
	1.755	0.267
	1.857	0.252
	1.960	0.239
	2.062	0.227
	2.164	0.216
	2.266	0.207
	2.368	0.198
	2.471	0.189
	2.573	0.182
T_D	2.675	0.175
	2.738	0.167
	2.801	0.160
	2.864	0.153
	2.927	0.146
	2.990	0.140
	3.054	0.134
	3.117	0.129
	3.180	0.124
	3.243	0.119
	3.306	0.115
	3.369	0.110
	3.432	0.106
	3.495	0.102
	3.558	0.099
	3.621	0.095
	3.685	0.092
	3.748	0.089
	3.811	0.086
	3.874	0.083
	3.937	0.081
	4.000	0.078

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 46 di 180

6.12 RESISTENZE PARASSITE NEI VINCOLI Q₈

Si considerano le resistenze parassite nei vincoli in condizioni di spostamento relativo incipiente prodotto dalle variazioni di temperatura. Nel caso in esame, conformemente a quanto prescritto nel par. 2.5.1.6.3 del "Manuale di progettazione delle opere civili" per i viadotti a travi semplicemente appoggiate, si è assunto:

Spalle: $F_x = f \cdot (V_g + V_q)$;

Pile: facendo riferimento all'apparecchio d'appoggio maggiormente caricato fra i due presenti sulla pila, si considererà agente $F_x = f \cdot (0,20 \cdot V_g + V_q)$

Dove:

$$f = 0.03$$

V_g = Reazione verticale massima associata ai carichi permanenti;

V_q = Reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamizzati.

L'azione in esame è stata considerata ai soli fini del calcolo delle azioni sugli apparecchi di appoggio.

6.13 DERAGLIAMENTO Q₉

Oltre a considerare i modelli di carico verticale da traffico ferroviario, ai fini della verifica della struttura si è tenuto conto, secondo quanto indicato al par. 5.2.2.9.2 del DM 14.1.2008, della possibilità alternativa che un locomotore o un carro pesante deragli, esaminando separatamente le due seguenti situazioni di progetto:

- Caso 1

Si considerano due carichi verticali lineari $q_{A1d} = 60$ kN/m (comprensivo dell'effetto dinamico) ciascuno, posizionati longitudinalmente su una lunghezza di 6,40 m, ad una distanza trasversale pari allo scartamento S del binario. Il carico più eccentrico tra i due deve essere posto ad una distanza massima di 1,5 S dall'asse dei binari.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A
					PAGINA 47 di 180	

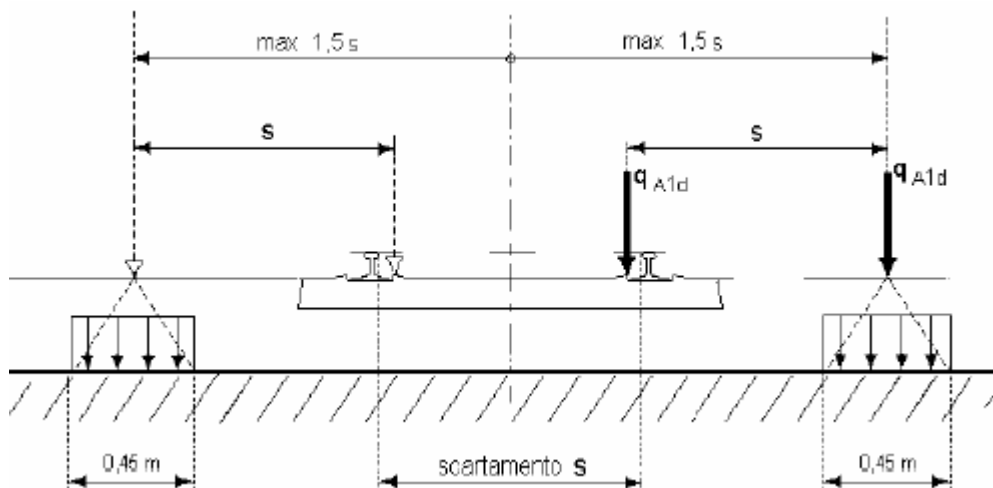


Figura 14: Deragliamento al di sopra del ponte – CASO 1

- Caso 2

Si considera un unico carico lineare $q_{A2d}=80 \times 1.4$ kN/m esteso per 20 m e disposto con una eccentricità massima, lato estemo, di $1,5 S$ rispetto all'asse del binario. Per questa condizione convenzionale di carico deve essere verificata la stabilità globale dell'opera, come il ribaltamento d'impalcato, il collasso della soletta ecc..

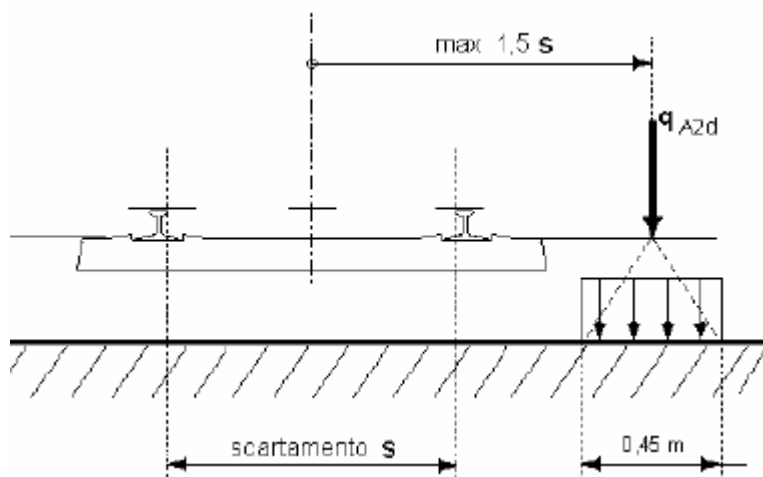


Figura 15: Deragliamento al di sopra del ponte – CASO 2

Nel caso in esame la forza di deragliamento non è stata considerata ai fini del dimensionamento strutturale, in quanto, considerando la geometria prevista, tale azione non può pregiudicare la stabilità globale dell'opera.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	48 di 180	

6.14 EFFETTI REOLOGICI (RITIRO, VISCOSITA' E RILASSAMENTO) ε_2

6.14.1 Viscosità del calcestruzzo

Gli effetti della viscosità del calcestruzzo sono stati valutati impiegando i coefficienti indicati nell'appendice B dell'UNI EN1992-1-1.

La deformazione viscosa del calcestruzzo al tempo infinito per una tensione costante applicata all'età t_0 del calcestruzzo, è data da:

$$\varepsilon_{cc}(\infty, t_0) = \phi(\infty, t_0) (\sigma_d / E_c)$$

Dove il coefficiente di viscosità $\phi(\infty, t_0)$ al generico tempo t è calcolato con la seguente relazione:

$$\phi(\infty, t_0) = \Phi_0 \beta_c(t, t_0)$$

Essendo :

- Φ_0 il coefficiente nominale di viscosità;
- $\beta_c(t, t_0)$ è un coefficiente atto a descrivere l'evoluzione della viscosità nel tempo dopo l'applicazione del carico.

Si riporta di seguito il valore dei fattori impiegati per la determinazione del coefficiente normale di viscosità per la trave prefabbricata:

VISCOSITA' DEL CALCESTRUZZO per TRAVE PREFABBRICATA			
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni TRAVE C.A.P.	f_{ck}	45.65	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	f_{cm}	53.65	N/mm ²
Umidità ambiente relativa, in percentuale	RH	70	%
Dimensione fittizia	h_0	359	mm
Coefficiente atto a prendere in conto l'influenza della resistenza del calcestruzzo	α_1	0.742	-
Coefficiente atto a prendere in conto l'influenza della resistenza del calcestruzzo	α_2	0.918	-
Coefficiente atto a prendere in conto l'influenza della resistenza del calcestruzzo	α_3	0.808	-
Coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'umidità sul coeff. Viscoso	ϕ_{RH}	1.29	-
Coefficiente che tiene conto dell'effetto della resistenza sul coeff. Viscoso	$\beta(f_{cm})$	2.29	-
Età del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione del carico	t_0	7	gg

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 49 di 180

Coefficiente che considera dell'effetto dell'età del cls all'applicazione del carico	$\beta(t_0)$	0.63	-
Coefficiente nominale di viscosità	ϕ_0	1.87	-
Coefficiente dipendente dall'umidità relativa e dalla dim. Fittizia	β_H	764	-
Età calcestruzzo in giorni al momento considerato	t	150	gg
Coefficiente atto a descrivere l'evoluzione della viscosità nel tempo	β_c	0.57	-
Coefficiente di viscosità	Φ	1.08	-
Effetto del tipo di cemento sul coeff. di viscosità	$t_{0\text{corretto}}$	12.11	gg
Coefficiente che considera dell'effetto dell'età del cls all'applicazione del carico	$\beta(t_0)$	0.57	-
Coefficiente nominale di viscosità	Φ_0	1.69	-
Coefficiente di viscosità TRAVE PREFABBRICATA	$\Phi(t, t_0)$	0.97	-

In seguito alle deformazioni viscosse della trave prefabbricata si hanno delle perdite di precompressione pari a:

$$\Delta\sigma_c = E_s \cdot \varepsilon_{cc}(\infty, t_0)$$

Dove:

- ε_{cc} la deformazione per viscosità, valutata in corrispondenza dell'armatura di precompressione
- E_s il modulo elastico dell'acciaio da precompressione, pari a 195000 MPa
- $\Delta\sigma_c$ la perdita di tensione dell'armatura di precompressione.

Dato che nel calcolo si considerano le differenti fasi costruttive dell'impalcato, si valutano le cadute di tensione dovute a carichi applicati a diversi istanti t_0 , in vari tempi t.

In particolare si considera:

- l'effetto della viscosità della trave prefabbricata al getto della soletta, considerando un coefficiente $\phi(150,7)$;
- l'effetto della viscosità della trave prefabbricata al tempo ∞ , considerando un coefficiente di viscosità dato dalla differenza tra il valore di ϕ_0 e il valore di $\phi(150,7)$.

Di seguito si fornisce l'elenco dei parametri utili per la determinazione del coefficiente normale di viscosità della soletta.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 50 di 180

VISCOSITA' DEL CALCESTRUZZO per SOLETTA			
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni SOLETTA	f_{ck}	33.2	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	f_{cm}	41.2	N/mm ²
Umidità ambiente relativa, in percentuale	RH	70	%
Dimensione fittizia	h_0	620	mm
Coefficiente atto a prendere in conto l'influenza della resistenza del calcestruzzo	α_1	0.892	-
Coefficiente atto a prendere in conto l'influenza della resistenza del calcestruzzo	α_2	0.968	-
Coefficiente atto a prendere in conto l'influenza della resistenza del calcestruzzo	α_3	0.922	-
Coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'umidità sul coeff. Viscoso	ϕ_{RH}	1.30	-
Coefficiente che tiene conto dell'effetto della resistenza sul coeff. Viscoso	$\beta(f_{cm})$	2.62	-
Età del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione del carico	t_0	7	gg
Coefficiente che considera dell'effetto dell'età del cls all'applicazione del carico	$\beta(t_0)$	0.63	-
Coefficiente nominale di viscosità	ϕ_0	2.17	-
Coefficiente dipendente dall'umidità relativa e dalla dim. Fittizia	β_H	1200.74	-
Età calcestruzzo in giorni al momento considerato	t	27375	gg
Coefficiente atto a descrivere l'evoluzione della viscosità nel tempo	β_c	0.99	-
Coefficiente di viscosità	Φ	2.14	-
Effetto del tipo di cemento sul coeff. Di viscosità	$t_{0corretto}$	12.11	gg
Coefficiente che considera dell'effetto dell'età del cls all'applicazione del carico	$\beta(t_0)$	0.57	-
Coefficiente nominale di viscosità	Φ_0	1.95	-
Coefficiente di viscosità SOLETTA	$\Phi_{(t,t_0)}$	1.93	-

Il valore dedotto del coefficiente di viscosità per la soletta - $\phi = 1,97$ - è relativo al tempo di 27375 giorni, corrispondente a un'età di 75 anni, pari alla vita nominale della struttura.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 51 di 180

6.14.2 Ritiro

Per il calcolo del ritiro finale del calcestruzzo si fa riferimento a quanto riportato di seguito.

Si considera che la trave prefabbricata al momento del getto della soletta abbia esaurito il 100% del proprio ritiro. Con riferimento alla normativa italiana, la deformazione totale da ritiro si può valutare come:

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

con:

ϵ_{cd} = deformazione per ritiro da essiccamento

ϵ_{ca} = deformazione per ritiro autogeno

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento risulta pari a:

$$\epsilon_{cd} = K_h * \epsilon_{c0}$$

con:

$$K_h = f(h_0)$$

h_0 = dimensione fittizia in (mm) = $2Ac/u$

Ac = area della sezione in cls perpendicolare alla direzione di massima contrazione

u = perimetro della sezione in cls esposto all'aria

Il parametro K_h è stato valutato facendo riferimento al prospetto riportato di seguito, per interpolazione lineare.

h_0 (mm)	K_h
100	1,0
200	0,85
300	0,75
≥500	0,70

Figura 16: Valori di K_h – Tabella 11.2.Vb del D.M. 14 gennaio 2008

Relativamente a ϵ_{c0} , considerando un'umidità relativa di circa il 70% e una resistenza caratteristica cilindrica del cls risulta, per interpolazione lineare, facendo riferimento al prospetto riportato di seguito:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	52 di 180

f_{ck}	Deformazione da ritiro per essiccamento (in ‰)					
	Umidità Relativa (in %)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0,62	-0,58	-0,49	-0,30	-0,17	+0,00
40	-0,48	-0,46	-0,38	-0,24	-0,13	+0,00
60	-0,38	-0,36	-0,30	-0,19	-0,10	+0,00
80	-0,30	-0,28	-0,24	-0,15	-0,07	+0,00

Figura 17: Valori di ϵ_{c0} – Tabella 11.2.Va del D.M. 14 gennaio 2008

Risulta dunque per la trave in C.A.P.:

DEFORMAZIONE DA RITIRO TRAVE PREFABBRICATA

Area sez. cls trave	A_c	1.090	m^2
Perimetro sez. cls esposto all'aria	u	6.07	m
Dimensione fittizia	h_0	0.36	m
Parametro $f(h_0)$ (vd Tab. 11.2.Vb)	K_h	0.735	-

PER DOPPIA INTERPOLAZIONE LINEARE SU Tab. 11.2.Va:

ϵ_{c0} a U.R. 80% (deformazione da ritiro per essiccamento)

VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ASCISSA 1	f_{ck1}	40	N/mm^2
VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ASCISSA 2	f_{ck2}	60	N/mm^2
VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ORDINATA 1 (IN VAL. ASS.)	ϵ_{c01}	0.24	-
VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ORDINATA 2 (IN VAL. ASS.)	ϵ_{c02}	0.19	-
Rck TRAVE	R_{ck}	55	N/mm^2
fck TRAVE	f_{ck}	45.65	N/mm^2
	$\epsilon_{c0} (f_{ckTRAVE}; U.R.80\%)$	0.226	‰

ϵ_{c0} a U.R. 60% (deformazione da ritiro per essiccamento)

VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ASCISSA 1	f_{ck1}	40	N/mm^2
VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ASCISSA 2	f_{ck2}	60	N/mm^2
VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ORDINATA 1 (IN VAL. ASS.)	ϵ_{c01}	0.38	-
VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ORDINATA 2 (IN VAL. ASS.)	ϵ_{c02}	0.30	-
Rck TRAVE	R_{ck}	55	N/mm^2

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 53 di 180
		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				

f_{ck} TRAVE

f_{ck} 45.65 N/mm²

ε_{c0} (f_{ck}_{TRAVE};U.R.60%) **0.357 ‰**

ε_{c0} a **U.R. 70% (deformazione da ritiro per essiccamento)**

ε_{c0} (f_{ck}_{TRAVE};U.R.70%) **0.292 ‰**

Deformazione da ritiro per essiccamento f(f_{ck},UR) Tab.11.2.Va

ε_{c0} 0.00029 -

Deform. media per ritiro da essiccamento (t=∞)

ε_{cd} 0.00021 -

Resistenza caratteristica cubica cls

R_{ck} 55 N/mm²

Resistenza caratteristica cilindrica cls

f_{ck} 45.65 N/mm²

Deform. media per ritiro autogeno (t=∞)

ε_{ca} 0.0000891 -

Deformazione totale da ritiro

ε_{cs} **0.000303 -**

Risulta per la soletta:

DEFORMAZIONE DA RITIRO SOLETTA

Area sez. cls

A_c 4.247 m²

Perimetro sez. cls esposto all'aria

u 13.7 m

Dimensione fittizia

h₀ 0.62 m

Parametro f(h₀) (vd Tab.11.2.Vb)

K_h 0.7 -

PER DOPPIA INTERPOLAZIONE LINEARE SU Tab. 11.2.Va:

ε_{c0} a **U.R. 80% (deformazione da ritiro per essiccamento)**

VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ASCISSA 1

f_{ck1} 20 N/mm²

VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ASCISSA 2

f_{ck2} 40 N/mm²

VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ORDINATA 1 (IN VAL. ASS.)

ε_{c01} 0.30 -

VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ORDINATA 2 (IN VAL. ASS.)

ε_{c02} 0.24 -

R_{ck} TRAVE

R_{ck} 40 N/mm²

f_{ck} TRAVE

f_{ck} 33.2 N/mm²

ε_{c0} (f_{ck}_{TRAVE};U.R.80%) **0.260 ‰**

ε_{c0} a **U.R. 60% (deformazione da ritiro per essiccamento)**

VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ASCISSA 1

f_{ck1} 20 N/mm²

VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ASCISSA 2

f_{ck2} 40 N/mm²

VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ORDINATA 1 (IN VAL. ASS.)

ε_{c01} 0.49 -

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 54 di 180

VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ORDINATA 2 (IN VAL. ASS.)	ϵ_{c02}	0.38	-
Rck TRAVE	R_{ck}	40	N/mm ²
fck TRAVE	f_{ck}	33.2	N/mm ²
ϵ_{c0} a U.R. 70% (deformazione da ritiro per essiccamento)	$\epsilon_{c0} (f_{ck_{TRAVE}; U.R. 60\%})$	0.417	‰
	$\epsilon_{c0} (f_{ck_{TRAVE}; U.R. 70\%})$	0.339	‰

Deformazione da ritiro per essiccamento $f(f_{ck}, UR)$ Tab.11.2.Va	ϵ_{c0}	0.00034	-
Deform. media per ritiro da essiccamento ($t=\infty$)	ϵ_{cd}	0.00024	-
Resistenza caratteristica cubica cls	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica cls	f_{ck}	33.2	N/mm ²
Deform. media per ritiro autogeno ($t=\infty$)	ϵ_{ca}	0.0000580	-
Deformazione totale da ritiro	ϵ_{cs}	0.000295	-

Il ritiro della soletta è contrastato dalla presenza delle travi prefabbricate. Se la soletta fosse libera di deformarsi subirebbe l'accorciamento ϵ_{cs} soletta valutato in precedenza.

Supponendo che la presenza delle travi prefabbricate impedisca totalmente tale deformazione ne consegue una forza di trazione nella soletta pari a:

$$N_{rit} = \epsilon_{cs,soletta} E_{c,soletta} A_{soletta}$$

Tale forza si traduce in una azione assiale di compressione e in un momento flettente agenti sulla sezione mista omogenizzata trave+soletta. Il momento nasce per equilibrare la coppia costituita dalla forza di trazione nella soletta e la forza di compressione agente sulla sezione intera, ed è quindi calcolata considerando un braccio pari alla distanza tra il baricentro della soletta e il baricentro della sezione trave+soletta.

Si noti che, poiché la deformazione da ritiro considerata è quella a $t=\infty$, il valore della tensione nella soletta è calcolato considerando un modulo elastico della soletta ridotto per simulare l'effetto della viscosità della soletta stessa.

$$\text{In particolare } E_{c, soletta \infty} = E_{c, soletta 28} / (1 + \phi).$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 55 di 180

SOLLECITAZIONI DA RITIRO			
Deformazione totale da ritiro in soletta	ϵ_{cs}	0.00030	-
Effetto della viscosità a t infinito	Φ	1.93	
Modulo elastico soletta	$E_{c,soletta}$	33642.78	N/mm ²
Modulo elastico soletta a tempo infinito	$E_{c,soletta^\infty}$	11487.57	N/mm ²
Area sez. cls	A_c	4.247	m ²
Sforzo assiale di compressione sull'impalcato			
	N_{RIT}	14404	kN
Sforzo assiale di compressione su una trave in C.A.P.			
	$N_{trave-RIT}$	3601	kN
Distanza del baricentro della trave dall'intradosso	$y_{G,trave}$	0.91	m
Distanza tra baricentro trave e baricentro trave+soletta	e	0.51	m
Momento agente sulla trave per effetto del ritiro			
	M_{RIT}	1836	kNm

6.14.3 Rilassamento dell'acciaio

Si impiegano trefoli di classe 2 (basso rilassamento). La perdita per rilassamento è definita come il rapporto in percentuale della variazione della tensione di precompressione sulla tensione di precompressione iniziale, secondo la seguente espressione (da UNI EN 1992-1-1):

$$\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 0.66\rho_{1000}e^{9.1\mu}\left(\frac{t}{1000}\right)^{0.75(1-\mu)}10^{-5}$$

Dove:

- $\Delta\sigma_{pr}$ è il valore assoluto delle perdite per rilassamento a tempo t;
- σ_{pi} è la massima tensione di trazione applicata al cavo meno le perdite immediate che si verificano durante il procedimento di messa in tensione;
- t è il tempo dopo la messa in tensione;
- $\mu = \sigma_{pi}/\phi_{ptk} = 0.726$;
- $\rho_{1000} = 2.5\%$ è il valore della perdita per rilassamento a 1000 ore dopo la messa in tensione.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 56 di 180
		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				

Si ottiene quindi per il caso in esame:

PERDITE DI TENSIONE PER RILASSAMENTO			
Tensione caratteristica di rottura	f_{pk}	1860	N/mm ²
Tensione iniziale nel cavo	σ_{pi}	1350	N/mm ²
Tempo 1 dopo la messa in tensione	t_1	3600	ore
Tempo 2 dopo la messa in tensione	t_{∞}	50000 0	ore
Parametro pari al rapporto σ_{pi} / f_{pk}	μ	0.726	-
Classe acciaio	classe	2	-
Valore della perdita per rilassamento a 1000 ore dopo la messa in tensione - Tab. 11.3.VIII	ρ_{1000}	2.5	%
Valore assoluto delle perdite per rilassamento al tempo $t_1 = 150$ giorni	$\Delta\sigma_{pr}(t_1)$	21.41	N/mm²
Valore assoluto delle perdite per rilassamento a tempo infinito	$\Delta\sigma_{pr}(t_{\infty})$	59.06	N/mm²

6.15 VARIAZIONI TERMICHE ϵ_3

Ai fini della valutazione delle escursioni dei giunti e degli appoggi mobili si considera una variazione termica uniforme pari a $\pm 15^{\circ}\text{C}$, incrementata del 50%, ovvero una variazione termica uniforme pari a $\pm 22.5^{\circ}\text{C}$.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A
					PAGINA 57 di 180	

7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni delle azioni sono state definite in accordo con quanto riportato al par. 2.5.3 del DM 14.1.2008:

- 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:

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

- 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):

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

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qi} e quelli dei coefficienti di combinazione Ψ_{ij} sono stati desunti dal par. 5.2.3.3.1 del DM 14.1.2008, relativo al capitolo sui 'Ponti ferroviari'. Di seguito si riportano le Tabelle di riferimento.

Per quanto riguarda il coefficiente di combinazione Ψ_{2j} relativo ai carichi dovuti al transito dei treni, questo si assume pari a 0,2 nelle combinazioni sismiche, conformemente a quanto prescritto nel par. 3.2.4 del DM 14.1.2008.

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.02.17.001 A 58 di 180

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Figura 18: Valori dei coefficienti parziali di sicurezza – Tabella 5.2.V del D.M. 14 gennaio 2008

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	$\mathcal{E}1$	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	$\mathcal{E}2$	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	$\mathcal{E}3$	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	$\mathcal{E}4$	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

⁽¹⁾ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Figura 19: Valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VI del D.M. 14 gennaio 2008

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.02.17.001</td> <td>A</td> <td>59 di 180</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	59 di 180
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	59 di 180								

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ⁽³⁾	(1)	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽³⁾	-	-
	Centrifuga	(2) ⁽³⁾	(2)	(2)
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 ⁽³⁾	0,80	0,0

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Si usano gli stessi coefficienti Ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Figura 20: Ulteriori valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VII del D.M. 14 gennaio 2008

Conformemente con quanto prescritto al par.5.2.3.1.3 del D.M. 14 gennaio 2008, 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 Tabella 5.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008, riportata di seguito.

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante
(1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (Φ, α , ecc.)
(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Figura 21: Valutazione dei carichi da traffico – Tabella 5.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008

I valori fra parentesi indicati nella Tab. 5.2.IV vanno assunti quando l'azione risulta favorevole nei riguardi della verifica che si sta svolgendo.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	60 di 180

Sulla base dei criteri esposti sopra, si riportano nei prospetti di seguito i coefficienti dedotti per le combinazioni di carico più gravose tra quelle adottate nell'analisi strutturale, per i diversi stati limite.

STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Combinazione caratteristica

	g1	g2	g3	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9	ε1	ε2	ε3
K1	1	1	1	1	0	0.5	1	1	0.6	0	1	0	1	1	0.6
K2	1	1	1	0	1	0	1	1	0.6	0	1	0	1	1	0.6
K3	1	1	1	1	0	1	0.5	0.5	0.6	0	1	0	1	1	0.6
K4	1	1	1	0.8	0	0.4	0.8	0.8	1	0	1	0	1	1	0.6
K5	1	1	1	0.8	0	0.4	0.8	0.8	0.6	0	1	0	1	1	1

Combinazione frequente

	g1	g2	g3	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9	ε1	ε2	ε3
F1	1	1	1	0.8	0	0.8	0.8	0.8	0	0	1	0	1	1	0.5
F2	1	1	1	0	0.8	0	0.8	0.8	0	0	1	0	1	1	0.5
F3	1	1	1	0.8	0	0.8	0.4	0.4	0	0	1	0	1	1	0.5
F4	1	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	1	0	1	1	0.5
F5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.6

Combinazione quasi permanente

	g1	g2	g3	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9	ε1	ε2	ε3
QP1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0.5

STATO LIMITE ULTIMO

Combinazione fondamentale

	g1	g2	g3	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9	ε1	ε2	ε3
U1	1.35	1.35	1.5	1.45	0	0.725	1.45	1.45	0.9	0	1.35	0	1	1.2	0.72
U2	1.35	1.35	1.5	0	1.45	0	1.45	1.45	0.9	0	1.35	0	1	1.2	0.72
U3	1.35	1.35	1.5	1.45	0	1.45	0.73	0.73	0.9	0	1.35	0	1	1.2	0.72
U4	1.35	1.35	1.5	1.16	0	0.58	1.16	1.16	1.5	0	1.35	0	1	1.2	0.72
U5	1.35	1.35	1.5	1.16	0	0.58	1.16	1.16	0.9	0	1.35	0	1	1.2	1.2

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.02.17.001</td> <td>A</td> <td>61 di 180</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	61 di 180
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	61 di 180									

Combinazione sismica

	g1	g2	g3	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9	ε1	ε2	ε3
S1	1	1	1	0.2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.5

Combinazione eccezionale

	g1	g2	g3	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9	ε1	ε2	ε3
E1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0.5

I casi di carico che figurano nelle combinazioni sopra riportate, fanno riferimento alle seguenti azioni.

AZIONI PERMANENTI

- g₁ peso proprio degli elementi strutturali
- g₂ carichi permanenti portati
- g₃ ballast

AZIONI VARIABILI

- q₁ treno
- q₂ treno scarico
- q₃ frenatura e avviamento
- q₄ centrifuga
- q₅ serpeggio

AZIONI CLIMATICHE

- q₆ azione del vento

AZIONI SISMICHE

- q₇ azione sismica

AZIONI DEI VINCOLI

- q₈ resistenze parassite dei vincoli
- q₉ deragliamenti

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 62 di 180
		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				

DISTORSIONI

- ε_1 : precompressione
- ε_2 : effetti reologici (ritiro, viscosità e rilassamento)
- ε_3 : variazioni termiche

Per le combinazioni sismiche è stato considerato lo stato limite di salvaguardia della vita "SLV"; in particolare si è fatto riferimento a tre combinazioni associate alle tre direzioni del sisma (longitudinale, trasversale e verticale):

$$E_t + 0.3E_t \pm 0.3E_v; \quad 0.3E_t + E_t \pm 0.3E_v; \quad 0.3E_t + 0.3E_t \pm E_v$$

Le masse strutturali dell'impalcato, associate ai pesi propri e ai carichi permanenti portati (ballast, etc.), sono calcolate, ai fini della valutazione del peso sismico, in automatico dal software di calcolo utilizzato.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 63 di 180

8 CRITERI DI MODELLAZIONE

8.1 MODELLAZIONE FEM

L'analisi strutturale è stata condotta mediante il software di calcolo agli elementi finiti Midas-Gen. È stato eseguito un modello FEM tridimensionale dell'impalcato costituito da un graticcio di elementi beam che simulano le travi nella direzione longitudinale e la soletta nella direzione trasversale. A ciascuno degli elementi frame, monodimensionali, si è assegnata la sezione corrispondente, distinguendo, per quanto riguarda le travi, tra la sezione di mezzeria e quella in prossimità degli appoggi. La sezione assegnata agli elementi che simulano la soletta è di tipo rettangolare, con dimensioni 100xs, con s pari allo spessore della soletta.

Gli elementi beam che simulano le travi e la soletta sono stati disposti in corrispondenza del baricentro delle rispettive sezioni. Il collegamento delle travi con la soletta è stato modellato mediante link rigidi. Alla quota delle travi sono stati modellati, mediante elementi beam, i quattro traversi, due di testata, due in campata, ai quali si è assegnata una sezione rettangolare equivalente.

Il collegamento dell'impalcato con le sottostrutture è stato simulato attraverso link elastici: le caratteristiche di rigidità degli elementi inseriti modellano lo schema di vincolo adottato per l'impalcato in esame.

I carichi assegnati nei vari punti della struttura sono desunti dall'analisi dei carichi descritta in precedenza.

Il calcolo delle sollecitazioni è stato condotto attraverso il modello tridimensionale agli elementi finiti descritto, schematizzato nelle Figure dei seguenti paragrafi.

Gli assi di riferimento adottati sono:

- x = asse longitudinale impalcato
- y = asse trasversale impalcato
- z = asse verticale impalcato

8.1.1 Geometria

Le proprietà geometriche che contraddistinguono gli elementi strutturali modellati possono essere individuate nelle Figure riportate di seguito.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 64 di 180

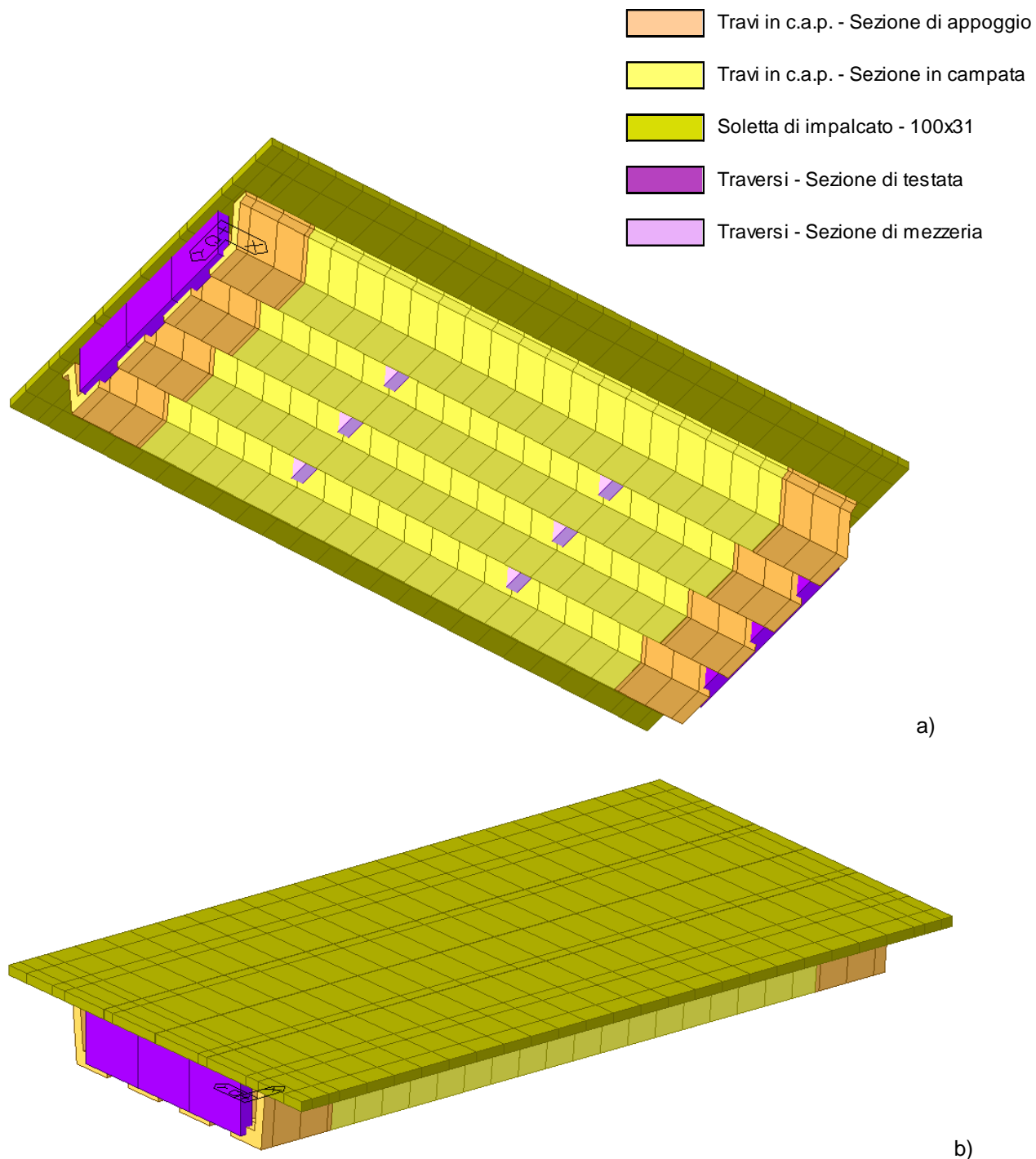


Figura 22: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) Vista dal basso b) Vista dall'alto

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A
					PAGINA 65 di 180	

8.1.2 Condizioni di vincolo

Sono sintetizzate di seguito le condizioni di vincolo adottate nel modello FEM:

- Link rigidi di collegamento tra gli elementi che simulano le travi principali e la soletta;
- Link elastici che simulano il collegamento dell'impalcato con le sottostrutture, con caratteristiche di rigidità compatibili con lo schema di vincolo adottato.
- Vincoli esterni di appoggio in corrispondenza dell'asse di rotazione degli appoggi.

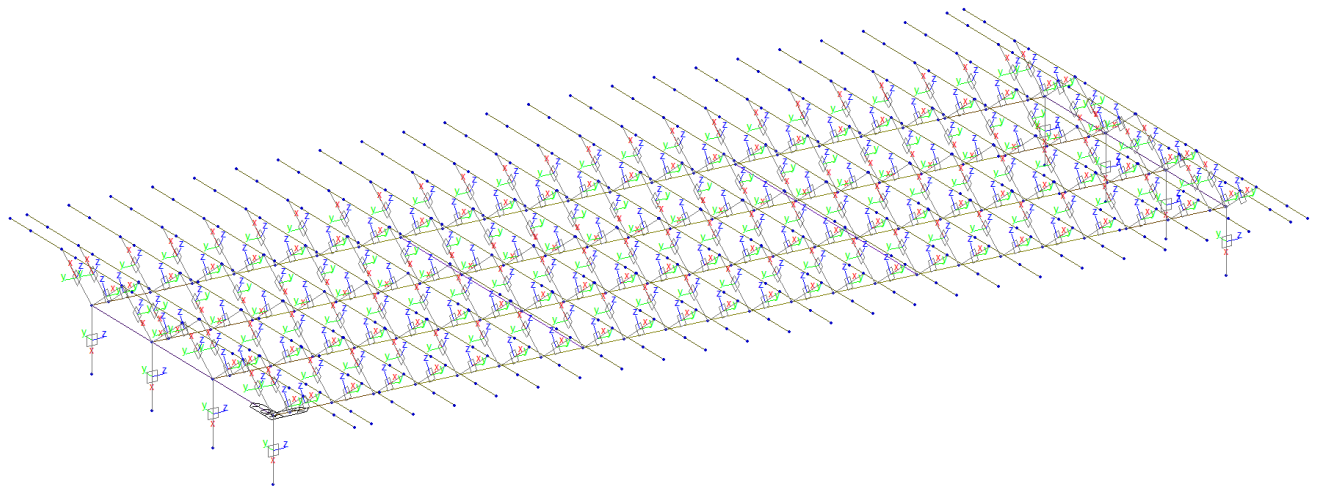


Figura 23: Condizioni di vincolo – Vista 3D wireframe

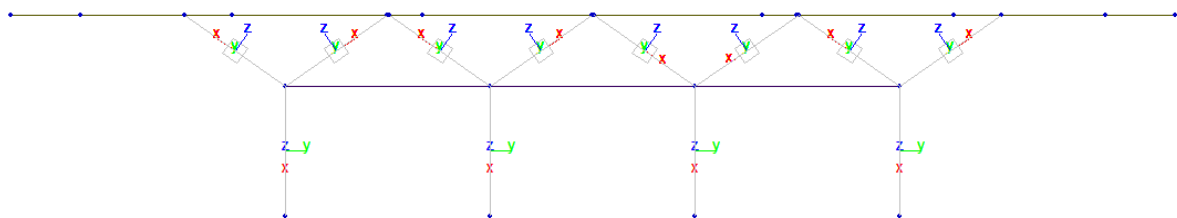


Figura 24: Condizioni di vincolo – Vista frontale wireframe

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 66 di 180

9 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di sicurezza sono state effettuate sulla base dei criteri definiti nelle vigenti norme tecniche - "Norme tecniche per le costruzioni"- DM 14.1.2008 -, tenendo inoltre conto delle integrazioni riportate nel "Manuale di progettazione delle opere civili" - RFI DTC SI MA IFS 001 A .

In particolare vengono effettuate le verifiche agli stati limite di servizio, riguardanti gli stati tensionale, di fessurazione e di deformazione, ed allo stato limite ultimo, ivi compresa la verifica allo stato limite di fatica. Le combinazioni di carico considerate ai fini delle verifiche sono quelle indicate nei precedenti paragrafi.

Si espongono di seguito i criteri di verifica adottati per le verifiche degli elementi strutturali.

9.1 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Rispetto agli elementi in cemento armato ordinario, per la valutazione degli stati di deformazione e di tensione degli elementi in calcestruzzo armato precompresso si devono tenere in conto anche gli effetti delle cadute di tensione per i fenomeni reologici che comportano deformazioni differite dei materiali: ritiro e viscosità del calcestruzzo, rilassamento dell'acciaio. Nelle strutture ad armatura pre-tesa si deve inoltre considerare la caduta di tensione per deformazione elastica.

9.1.1 Verifica a fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del DM 14.1.2008, tenendo inoltre conto delle ulteriori prescrizioni riportate nel "Manuale di progettazione delle opere civili".

Con riferimento alle classi di esposizione delle varie parti della struttura (si veda il paragrafo relativo alle caratteristiche dei materiali impiegati), alle corrispondenti condizioni ambientali ed alla sensibilità delle armature alla corrosione (armature sensibili per gli acciai da precompresso; poco sensibili per gli acciai ordinari), si individua lo stato limite di fessurazione per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo			PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 67 di 180

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Figura 25: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione - Tabella 4.1.IV del DM 14.1.2008

Risulta:

Per la soletta d'impalcato (intesa come zona non ispezionabile delle strutture):

- *Stato limite di fessurazione:* $w_d \leq w_1 = 0.2$ mm - combinazione di carico rara

In accordo con la vigente normativa, il valore di calcolo di apertura delle fessure w_d è dato da:

$$w_d = 1,7 w_m$$

dove w_m rappresenta l'ampiezza media delle fessure calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ϵ_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_m = \epsilon_{sm} \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di ϵ_{sm} e Δ_{sm} vanno utilizzati i criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

9.1.2 Verifica delle tensioni in esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si verifica che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti, di seguito riportati.

Le prescrizioni riportate di seguito fanno riferimento al par. 2.5.1.8.3.2.1 del "Manuale di progettazione delle opere civili".

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 68 di 180

La massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0,55 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0,40 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.}$$

Nel caso degli elementi precompressi in calcestruzzo, a cadute avvenute valgono le limitazioni sopra riportate; relativamente alle tensioni di compressione iniziali nel calcestruzzo (all'atto della precompressione), queste non devono superare il valore:

$$\sigma_{ci} < 0,60 f_{ckj}$$

essendo f_{ckj} la resistenza caratteristica del calcestruzzo all'atto del tiro.

Non sono ammesse tensioni di trazione.

Nella zona di ancoraggio delle armature si possono tollerare compressioni locali σ_c prodotte dagli apparecchi di ancoraggio pari a:

$$\sigma_c < f_{ckj}/1.15$$

Per l'acciaio ordinario, la tensione massima σ_s per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0,75 f_{yk}$$

dove f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

Per le tensioni in esercizio a perdite avvenute degli acciai da precompressione vale quanto stabilito di seguito, rappresentando $f_{p(1)k}$ la tensione convenzionale caratteristica di snervamento dei trefoli da precompressione, ottenuta dalla tensione $f_{p(1)}$ corrispondente all'1% di deformazione totale, compresa tra l'85% ed il 95% del corrispondente valore della tensione di rottura f_{pt} :

$$\sigma_{sp} < 0,80 f_{p(1)k}$$

Le tensioni iniziali σ_{spi} all'atto della tesatura dei cavi (armatura pre-tesa) devono invece rispettare le più restrittive delle seguenti limitazioni:

$$\sigma_{spi} < 0,85 f_{p(1)k}$$

$$\sigma_{spi} < 0,75 f_{ptk}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	69 di 180

ove f_{ptk} è la tensione caratteristica di rottura dell'acciaio da precompressione.

Inoltre, relativamente al dimensionamento degli elementi in c.a.p, si rispettano gli ulteriori limiti tensionali, prescritti nel "Manuale di progettazione delle opere civili", riportati di seguito:

- la tensione principale di trazione nella fibra baricentrica nella combinazione di carico caratteristica (rara), deve risultare $\leq 0.040 f_{ck}$.

9.1.3 Verifica di deformabilità e vibrazioni

Conformemente con quanto prescritto al par. 2.5.1.8.3.2.2 del "Manuale di progettazione delle opere civili", la valutazione dei parametri di deformazione degli impalcato, da eseguire utilizzando la combinazione caratteristica (rara) degli SLE, è richiesta per i motivi e con modalità riportati nei seguenti punti A e B:

A. Per questioni di sicurezza del traffico ferroviario (per garantire la stabilità e la continuità del binario ed assicurare il mantenimento del contatto ruota-rotaia), occorre verificare che non siano superati i limiti sulle seguenti grandezze:

- Accelerazione verticale dell'impalcato;
- Torsione dell'impalcato (sghembo del binario);
- Inflessione dell'impalcato nel piano orizzontale;
- Inflessione dell'impalcato nel piano verticale.

B. Per il comfort del passeggero, si dovrà verificare che non siano superati i limiti di freccia verticale dell'impalcato.

Stati limite di servizio per la sicurezza del traffico ferroviario

Accelerazioni verticali dell'impalcato

Tale verifica non è richiesta per l'opera in oggetto, in quanto le velocità di esercizio non superano i 200km/h.

Deformazioni torsionali dell'impalcato

La torsione dell'impalcato del ponte è calcolata considerando il treno di carico LM71, SW/0 o SW/2 incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α .

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 70 di 180

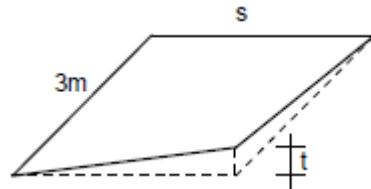


Figura 26: Sghembo ammissibile

Il massimo sghembo misurato su una lunghezza di 3 m e considerando le rotaie solidali all'impalcato, vedi figura precedente, non deve eccedere i seguenti valori per l'opera in oggetto:

Per $120 < V \leq 200$ km/h; $t \leq 3.00$ mm / 3m

Inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato

Considerando la presenza del treno di carico LM71 e SW/0 (con i concetti di contemporaneità descritti in precedenza), incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α , l'azione del vento, la forza centrifuga e la forza laterale (serpeggio), l'inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato non deve produrre:

- Una variazione angolare maggiore di quella fornita nella successiva Tabella;
- Un raggio di curvatura orizzontale minore dei valori di cui alla citata tabella.

Velocità [km/h]	Variazione Angolare massima	Raggio minimo di curvatura	
		Singola campata	Più campate
$V \leq 120$	0,0035 rd	1700 m	3500 m
$120 < V \leq 200$	0,0020 rd	6000 m	9500 m
$200 < V$	0,0015 rd	14000 m	17500 m

Figura 27: Massima variazione angolare e minimo raggio di curvatura - Tab. 5.2.VIII del DM 14.1.2008

Il raggio di curvatura, nel caso caso in esame, è dato dalla seguente espressione:

$$R = \frac{L^2}{8\delta_h}$$

Dove δ_h rappresenta la freccia orizzontale.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.		<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.		LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.									
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo				PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 71 di 180

Inflessione nel piano verticale dell'impalcato

È stato verificato che, considerando la presenza dei treni di carico LM71 ed SW/2, incrementati con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α , il massimo valore di inflessione per effetto di tali carichi ferroviari non ecceda il valore $L/600$.

Stati limite per il comfort dei passeggeri

La freccia è stata calcolata in asse al binario, considerando un solo binario carico da un singolo modello LM71 con il relativo incremento dinamico e con il coefficiente α .

Nella successiva Figura sono riportati i valori del limite di deformabilità, validi per viadotti con impalcati semplicemente appoggiati aventi tre o più campate, corrispondenti all'accelerazione ammissibile verticale pari a $b_v=1$ m/s in carrozza.

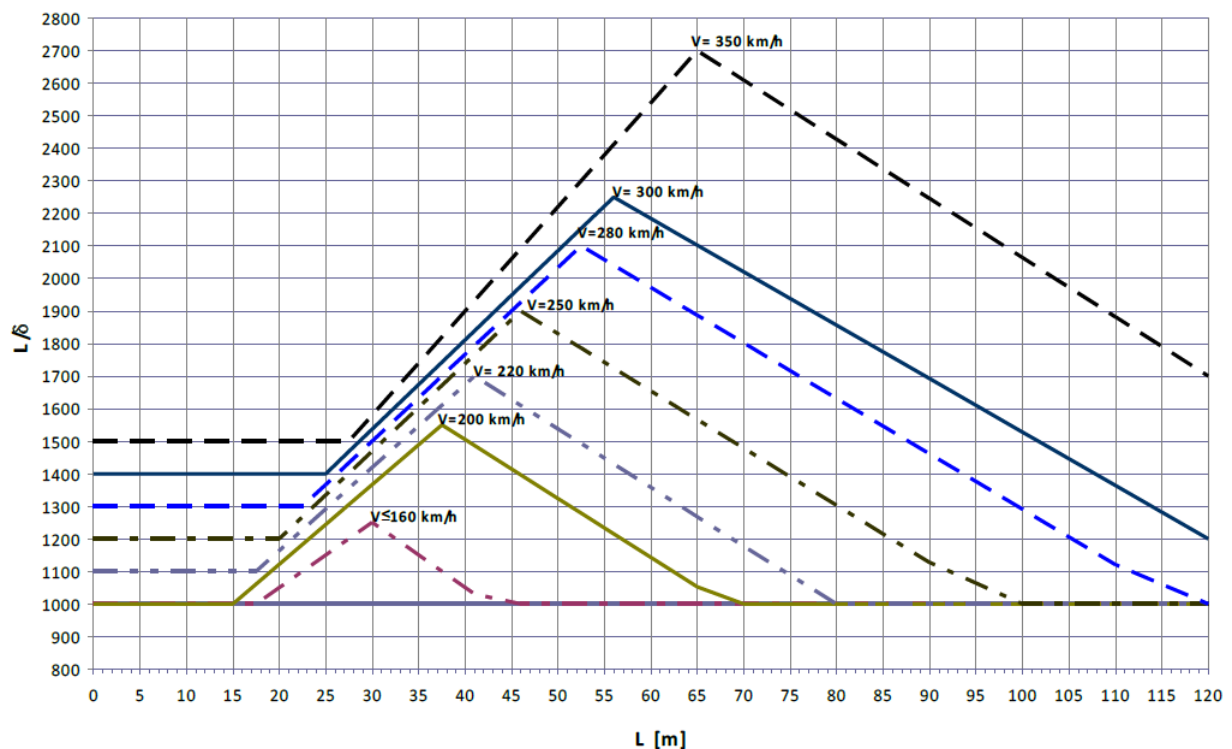


Figura 28: Valori del limite di deformabilità L/δ per il comfort dei passeggeri – da Fig.5.2.1.8.3.2.2-2 del "Manuale di progettazione delle opere civili"

Nel caso in esame si ottiene il limite inferiore:

$$L/\delta > 1000$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	72 di 180

9.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Relativamente alle verifiche di resistenza (SLU) eseguite sulle sezioni in c.a.p., vale quanto stabilito di seguito per le sezioni in cemento armato ordinario. In particolare, per le verifiche di resistenza locali agli ancoraggi delle armature di precompressione, si assume un valore di calcolo della forza di precompressione con $\gamma_P = 1,2$.

9.2.1 Sollecitazioni flettenti

La verifica di resistenza (SLU) è stata condotta attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabolo-rettangolo non reagente a trazione, con plateau ad una deformazione pari a 0.002 e a rottura pari a 0.0035 ($\sigma_{max} = 0.85 \times 0.83 \times R_{ck} / 1.5$);
- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elastico-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura a 0.01 ($\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$)

9.2.2 Sollecitazioni taglianti

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi sprovvisti di specifica armatura è stata calcolata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove:

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 73 di 180

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è stata calcolata con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \sin \alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" è stata calcolata con:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

In cui:

- d è l'altezza utile della sezione;
- b_w è la larghezza minima della sezione;
- σ_{cp} è la tensione media di compressione della sezione;
- A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale;
- S è l'interasse tra due armature trasversali consecutive;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA		
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	74 di 180		

θ è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

f'_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd}=0.5f_{cd}$);

α è un coefficiente maggiorativo pari ad 1 per membrature non compresse.

9.3 VERIFICHE LOCALI

Conformemente con quanto prescritto nel par.2.5.2.2 del "Manuale di progettazione delle opere civili", devono essere eseguite in corrispondenza delle testate delle travi delle verifiche locali per tenere conto dei fenomeni connessi all'introduzione e alla diffusione della precompressione nel calcestruzzo (fenomeni di bursting, spalling e spreading), prevedendo un'armatura aggiuntiva diffusa in grado di assorbire le relative sollecitazioni.

Il tasso di lavoro delle armature aggiuntive, non deve essere superiore a 160 MPa per governare il fenomeno della fessurazione.

9.3.1 Fenomeno di "BURSTING"

Il trasferimento della forza di precompressione sul calcestruzzo avviene mediante delle traiettorie curvilinee. Tali traiettorie generano delle tensioni di trazione o 'bursting stresses', in senso trasversale ad esse (la cui risultante viene chiamata 'forza di fenditura' o 'splitting force'), che possono dar luogo a fenomeni fessurativi con conseguente riduzione dell'ancoraggio delle barre del precompresso. Per evitare ciò viene posta un'armatura trasversale in corrispondenza delle testate delle travi, ripartita su una lunghezza di 0,5-0,7 L_u , essendo L_u pari alla lunghezza di trasferimento ($= 70\phi$, con ϕ pari al diametro massimo del trefolo), a partire dalle estremità dei trefoli.

Per un singolo gruppo di trefoli le forze di fenditura dei fili interni si elidono vicendevolmente e, in tal modo, il contributo allo sforzo di fenditura è offerto solo dai trefoli esterni.

Nel caso di un gruppo di trefoli che presenta un massimo di tre fili sul perimetro esterno la forza complessiva di fenditura vale:

$$F=3 \times Z_S$$

in cui Z_S , forza di fenditura del singolo trefolo, vale:

$$Z_S=1.5 \times (0.25 \times P_{barra})$$

con:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 75 di 180

$$P_{barra} = A_f \times \sigma_{spi}$$

Con σ_{spi} pari alla massima tensione nei cavi al momento del rilascio.

Nota la forza complessiva di fenditura si ricava l'armatura A_a necessaria ad assorbire tale sforzo, assumendo la tensione σ_a pari a 220N/mm² per limitare le fessurazioni e facilitare l'ancoraggio.

9.3.2 Fenomeno di "SPALLING"

All'esterno delle traiettorie di compressione dovute al diffondersi della precompressione, in corrispondenza delle zone marginali (d'angolo), si producono delle tensioni di trazione di bordo.

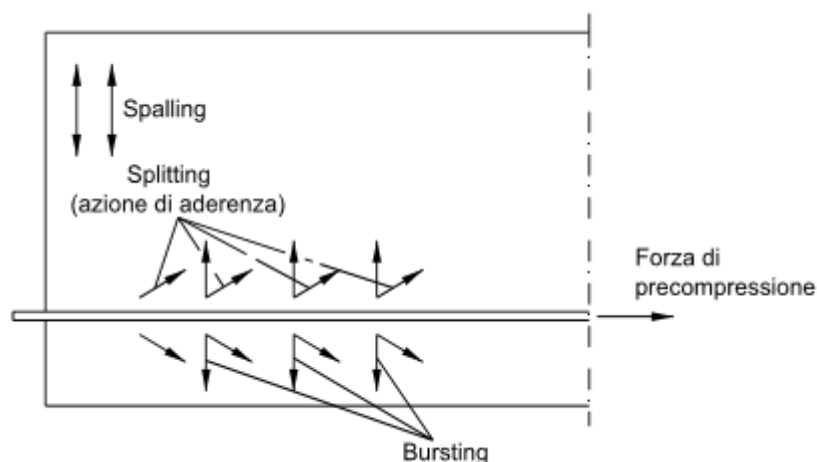
In riferimento a quanto riportato da Leonhardt (vol.II pag.65), il valore della forza di spalling F_{sp} si può esprimere, in funzione dell'eccentricità specifica e/H , mediante la seguente formula:

$$F_{sp} = \frac{0.015P}{1 - \sqrt{2e/H}} \cong 0.03P$$

nella quale "P" è lo sforzo totale di precompressione e vale:

$$P = N_{tr} \times A_{tr} \times \sigma_{spi}$$

La forza F_{sp} è assorbita da un'armatura A_a posta in prossimità della testata della trave, ricavata assumendo la tensione σ_a pari a 220N/mm².



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A
				PAGINA 76 di 180		

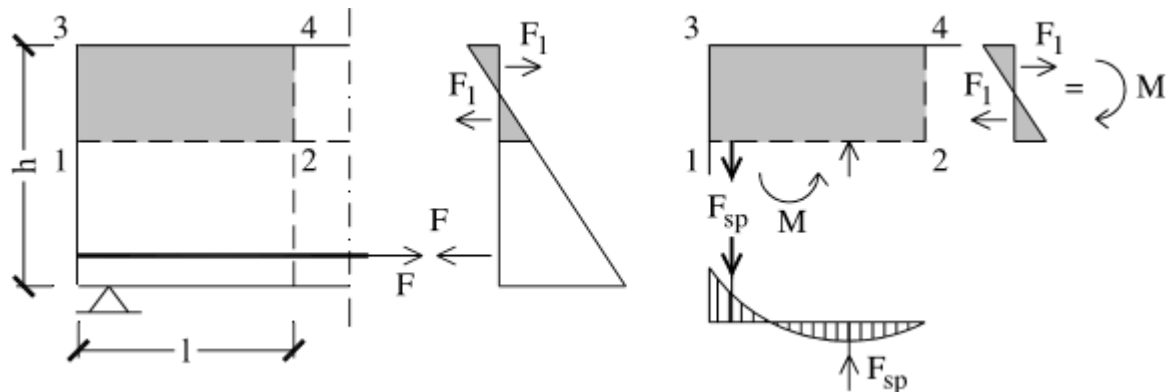


Figura 29: Tensioni di 'spalling' in presenza di una forza di precompressione eccentrica – Model Code 1990

9.3.3 Fenomeno di "SPREADING"

La diffusione ("spreading") delle forze di precompressione avviene secondo delle traiettorie che, con sufficiente approssimazione, sono inclinate rispetto all'asse del cavo di precompressione di un angolo pari a β . Tale angolo, come riportato dall'EC2, può essere considerato uguale a 34° . A causa di tale fenomeno si manifestano tensioni di trazione in direzione ortogonale al cavo, che dovranno essere assorbite da staffe verticali disposte su tutta l'altezza della trave, per una lunghezza pari alla lunghezza di diffusione.

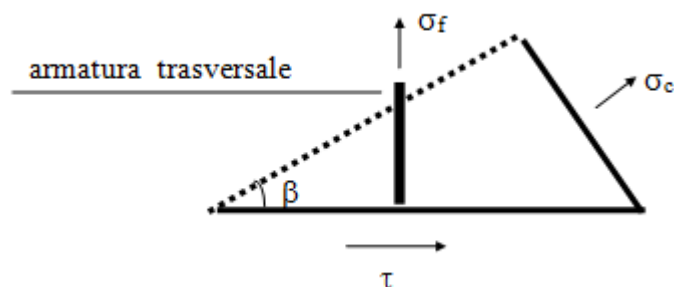


Figura 30: Fenomeno di 'spreading'

Il valore totale della forza è funzione dello scorrimento S.

Per i trefoli che partono dalla testata risulta:

$$T_1 = S_1 \cdot \text{tg} \beta$$

Si ricava pertanto l'area di armatura A_a necessaria ad assorbire tale forza, assumendo la tensione σ_a pari a 220 N/mm^2 .

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	77 di 180

9.4 VERIFICA A FATICA

In conformità alle disposizioni dell'Eurocodice 2 – Parte 2 (Ponti di calcestruzzo), la verifica a fatica viene condotta separatamente per il calcestruzzo e per l'acciaio.

Il calcolo degli sforzi deve basarsi sull'ipotesi di sezioni parzializzate trascurando la resistenza a trazione del calcestruzzo ma soddisfacendo la congruenza delle deformazioni (le sezioni piane rimangono piane).

I fattori di sicurezza parziali per le incertezze di carico e di modellazione degli effetti delle azioni devono, di regola, essere assunti pari a:

$$\gamma_F = 1$$

$$\gamma_{Sd} = 1$$

I fattori di sicurezza parziali per le proprietà dei materiali sono dati nel prospetto riportato di seguito:

Verifica per	Calcestruzzo	Armatura di acciaio, tiranti
	$\gamma_{c,fat}$	$\gamma_{s,fat}$
fattore di sicurezza	1,5	1,15

In generale, le verifiche a fatica dell'acciaio e del calcestruzzo si devono eseguire prendendo in considerazione gli effetti della seguente combinazione di azioni:

- azioni permanenti;
- valore caratteristico della forza di precompressione;
- valore più sfavorevole dei cedimenti vincolari (valori di stima appropriati);
- valore frequente più sfavorevole della temperatura;
- il modello di carico di traffico per fatica opportuno;
- le fluttuazioni del vento, quando pertinenti.

D'altra parte, quando si usano per il calcestruzzo i metodi forniti dall'EC2, riportati di seguito, si deve di regola applicare la combinazione di azioni frequente.

9.4.1 Verifica a fatica dell'acciaio per armatura da precompressione e ordinaria

Relativamente alla verifica a fatica dell'acciaio per armatura da precompressione e ordinaria si ha che per barre di armatura non saldate soggette a trazione, si può ritenere

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 78 di 180

adeguata la resistenza a fatica se, per la combinazione di azioni frequente, la variazione di sforzo, $\Delta\sigma_s$, non è maggiore di 70 N/mm².

Per l'acciaio di armatura ordinaria o da precompressione si può ritenere adeguata la resistenza a fatica se è soddisfatta la seguente espressione:

$$\gamma_F \gamma_{Sd} \Delta\sigma_{s, equ} \leq \frac{\Delta\sigma_{Rsk} (N^*)}{\gamma_{s, fat}}$$

dove:

$\Delta\sigma_{Rsk}$ è l'intervallo di tensione dovuto ad N^* cicli e ricavato dall'appropriata curva S-N (i parametri della curva S-N sono riportati di seguito);

$\Delta\sigma_{s, equ}$ è l'intervallo di tensioni equivalenti al danno per l'armatura ordinaria soggetta ad N^* cicli di carico

Per la valutazione della resistenza a fatica dell'acciaio $\Delta\sigma_{Rsk}$ per armatura ordinaria e da precompressione si fa riferimento ai seguenti parametri:

Tipo di armatura	N^*	esponente delle tensioni		$\Delta\sigma_{Rsk}$ (MPa) at N^* cycles
		k_1	k_2	
Barre diritte o piegate ¹	10^6	5	9	162,5
Barre saldate e reti	10^7	3	5	58,5
Dispositivi di giunzione	10^7	3	5	35

Nota 1: I valori per $\Delta\sigma_{Rsk}$ sono quelli relativi alle barre diritte. Per barre piegate i valori possono ottenersi adottando un fattore di riduzione $\zeta = 0,35 + 0,026 D / \phi$.

dove:
 D è il diametro del mandrino
 ϕ è il diametro della barra

Figura 31: Parametri per le curve S-N relative agli acciai da precompressione

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 79 di 180

Curve S-N di acciai da precompressione	N^*	esponente delle tensioni		$\Delta\sigma_{Rsk}$ (MPa) at N^* cycles
		k_1	k_2	
armature pre-tese	10^6	5	9	185
armature post-tese				
– trefolo singolo in guaina di plastica	10^6	5	9	185
– trefoli dritti o curvi in guaine di plastica	10^6	5	10	150
– trefoli curvi in guaine di acciaio	10^6	5	7	120
– dispositivi di giunzione	10^6	5	5	80

Forma delle curve caratteristiche di resistenza a fatica (curve S-N) per l'acciaio da precompressione

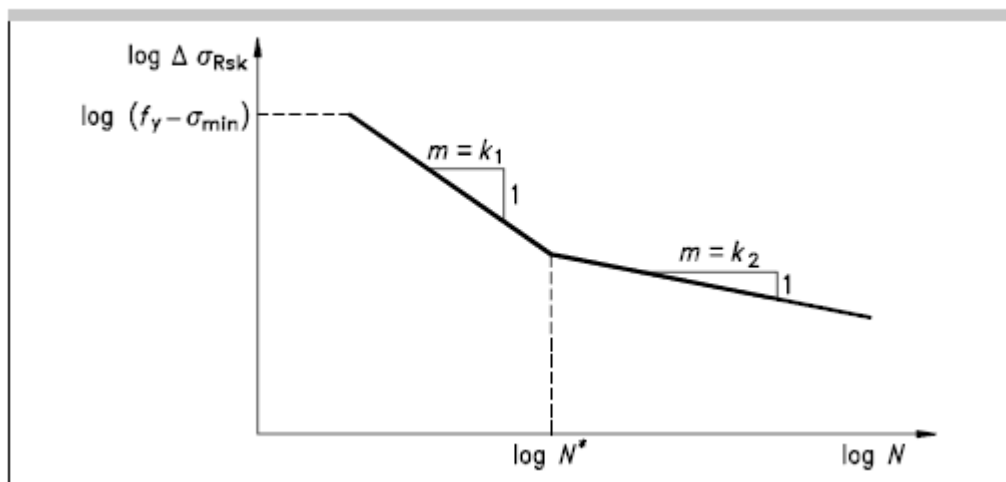


Figura 32: Parametri per le curve S-N per l'acciaio ordinario e da precompressione

L'intervallo di tensioni equivalenti al danno per l'armatura ordinaria e di precompressione si calcola secondo:

$$\Delta\sigma_{s, equ} = \lambda_s \cdot \Phi_2 \cdot \Delta\sigma_{s, 71}$$

Dove:

$\Delta\sigma_{s, 71}$ è l'intervallo di tensione nell'acciaio dovuto al sovraccarico teorico di calcolo adottato per il ponte (LM71), posto nella posizione più sfavorevole. Per strutture con più binari il modello di carico LM71 deve essere applicato al massimo a 2 binari;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 80 di 180

Φ_2 è il coefficiente dinamico;

λ_s è un fattore correttivo.

Il fattore di correzione λ_s tiene conto delle campate, del volume di traffico, della vita di progetto e della presenza di più binari. calcolati come:

$$\lambda_s = \lambda_{s,1} \cdot \lambda_{s,2} \cdot \lambda_{s,3} \cdot \lambda_{s,4} \quad (5)$$

Dove: $\lambda_{s,1}$ è il fattore che tiene conto del tipo di elemento e dell'effetto del traffico, in funzione della lunghezza della linea di influenza dell'elemento stesso; per valori della lunghezza della linea di influenza compresi tra 2 m e 20 m, $\lambda_{s,1}$ vale:

$$\lambda_{s,1} = \lambda_{s,1}(2m) + [\lambda_{s,1}(20m) - \lambda_{s,1}(2m)] \cdot (\log L - 0,3) \quad (6)$$

Dove:

- L è la lunghezza della linea di influenza;
- $\lambda_{s,1}(2m)$ è il valore di $\lambda_{s,1}$ per $L = 2$ m;
- $\lambda_{s,1}(20m)$ è il valore di $\lambda_{s,1}$ per $L = 20$ m;
- $\lambda_{s,1}(L)$ è il valore di $\lambda_{s,1}$ per $2 \text{ m} < L < 20 \text{ m}$.

I valori di $\lambda_{s,1}(2m)$ e $\lambda_{s,1}(20m)$ sono riportati nelle Tabelle 2.7.2.3 - 3.

	L [m]	s*	h*
[1]	≤2	0.90	0.95
	≥20	0.65	0.70
[2]	≤2	1.00	1.05
	≥20	0.70	0.70
[3]	≤2	1.25	1.35
	≥20	0.75	0.75
[4]	≤2	0.80	0.85
	≥20	0.40	0.40

s* combinazione di traffico standard

h* combinazione di traffico pesante

Definizione dei tipi [1], [2], [3], [4] nella Tabelle 2.7.2.3 - 3 :

[1] Acciaio d'armatura, pretensionamento (tutti), post-tensionamento (trefoli in guaine di plastica e cavi diritti in guaine di acciaio)

[2] Post-tensionamento (cavi curvi in guaine d'acciaio); curva S-N con $k_1 = 3$, $k_2 = 7$ e $N^* = 10^6$

[3] Connettori (armatura di precompressione); curva S-N con $k_1 = 3$, $k_2 = 5$ e $N^* = 10^6$

[4] Dispositivi di coprigiunto (armatura ordinaria), barre saldate per punti o di testa; curva S-N con $k_1 = 3$, $k_2 = 5$ e $N^* = 10^7$

L'interpolazione per differenti valori di L è permessa in accordo alla (6).

Figura 33: Tabelle 2.7.2.3-3 travi in semplice appoggio

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 81 di 180

$\lambda_{s,2}$ è il fattore di correzione che tiene conto del volume di traffico annuale:

$$\lambda_{s,2} = k_2 \sqrt{\frac{Vol}{25 \cdot 10^6}} \quad (7)$$

Dove:

- Vol è volume di traffico annuo (tonn/anno/binario);
- k_2 è la pendenza della curva S-N.

Salvo diversa specificazione da parte di FERROVIE, si dovrà assumere per λ_2 il valore corrispondente ad un volume di traffico di 25×10^6 t /anno/via.

$\lambda_{s,3}$ è il fattore di correzione che tiene conto dell'influenza della vita di servizio dell'opera:

$$\lambda_{s,3} = k_2 \sqrt{\frac{N_{Years}}{100}} \quad (8)$$

Dove:

N_{Years} è la vita di progetto del ponte;

k_2 è la pendenza della curva S-N.

$\lambda_{s,4}$ è il fattore di correzione che tiene conto dell'effetto dei carichi su più di un binario (max. 2 binari):

$$\lambda_{s,4} = \sqrt[3]{n + (1-n) \cdot s_1^{k_2} + (1-n) \cdot s_2^{k_2}} \quad (9)$$

$$s_1 = \frac{\Delta\sigma_1}{\Delta\sigma_{1+2}} \quad s_2 = \frac{\Delta\sigma_2}{\Delta\sigma_{1+2}}$$

Dove:

- n è uguale alla percentuale dei treni che si incrociano sul ponte, la quale salvo diverse indicazioni da parte di FERROVIE si assumerà pari al 33,3% (0,33);
- $\Delta\sigma_1, \Delta\sigma_2$ sono le variazioni di tensione nell'acciaio di armatura dovuti al modello di carico LM71 posizionato su un binario (rispettivamente il binario 1 ed il binario 2);
- $\Delta\sigma_{1+2}$ è la variazione di tensione nell'acciaio di armatura dovuto al modello di carico LM71 posizionato su 2 binari (se sotto il carico del traffico su un solo binario si ha tensione di compressione nell'acciaio, allora si pone il valore corrispondente $s_j = 0$).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	82 di 180

10 ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE IMPALCATO

10.1 TRAVI

10.1.1 Sollecitazioni agenti

Le caratteristiche di sollecitazione (momento flettente e taglio) destinate nelle travi longitudinali d'impalcato vengono espletate per le quattro successive fasi di carico di seguito riportate:

- Fase 1: trave sottoposta ai carichi di precompressione ed al peso proprio;
- Fase 2: trave sottoposta ai carichi dovuti ai getti della soletta e dei trasversi;
- Fase 3: travi+soletta solidarizzate, sottoposte ai sovraccarichi permanenti (barriere antirumore, velette ecc.);
- Fase 4: travi+soletta solidarizzate, sottoposte ai carichi accidentali di esercizio.

Si terrà conto inoltre degli effetti del ritiro differenziale della soletta rispetto alle travi prefabbricate nonché degli effetti dovuti al rilassamento dell'acciaio, al ritiro del calcestruzzo ed al fluage.

Gli schemi di calcolo adottati sono quelli descritti di seguito.

Per desumere le sollecitazioni relative alla fase 1 si fa riferimento allo schema di trave semplicemente appoggiata, considerando quale sezione reagente quella della sola trave prefabbricata. Per la fase 1 si assumono i soli carichi dovuti al peso proprio.

Per ricercare le sollecitazioni nelle fasi successive 2, 3 e 4 si fa riferimento ad uno schema strutturale d'impalcato appoggiato-appoggiato composto dalle travi principali longitudinali, dai trasversi e dalla soletta.

Per la fase 2 si assumono i carichi dovuti al peso proprio della soletta e dei trasversi.

I carichi della fase 3 sono rappresentati dai sovraccarichi permanenti portati, ovvero dai pesi delle barriere antirumore, delle velette, del pacchetto ferroviario, ecc.

I carichi della fase 4 sono costituiti dai carichi accidentali mobili, la cui valutazione è riportata in precedenza.

I valori di sollecitazione si ottengono risolvendo lo schema di struttura ottenuto con l'utilizzo del programma di analisi strutturale "MidasGen".

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 83 di 180

CALCOLI PER LA FASE DI CARICO N.1

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA TRAVE

Coordinate della sezione di mezzeria:

vertice	1	X= 0.00 cm	Y= 25.00 cm
vertice	2	X= 57.00 cm	Y= 28.00 cm
vertice	3	X= 75.00 cm	Y=210.00 cm
vertice	4	X=120.00 cm	Y=210.00 cm
vertice	5	X=118.50 cm	Y=193.00 cm
vertice	6	X= 89.00 cm	Y=185.00 cm
vertice	7	X= 70.00 cm	Y= 0.00 cm
vertice	8	X= 0.00 cm	Y= 0.00 cm

Coordinate della sezione di appoggio:

vertice	1	X= 0.00 cm	Y= 50.00 cm
vertice	2	X= 40.00 cm	Y= 50.00 cm
vertice	3	X= 56.00 cm	Y=210.00 cm
vertice	4	X=120.00 cm	Y=210.00 cm
vertice	5	X=118.50 cm	Y=193.00 cm
vertice	6	X= 89.00 cm	Y=185.00 cm
vertice	7	X= 70.00 cm	Y= 0.00 cm
vertice	8	X= 0.00 cm	Y= 0.00 cm

Le coordinate sono riferite alla metà destra della sezione.

Area della sezione di mezzeria	1.115 m ²
Area della sezione di appoggio	1.977 m ²
Lunghezza della zona di appoggio	0.010 m
Lunghezza della zona di raccordo	1.800 m
Luce di calcolo	l = 22.800 m
Peso proprio trave	p = 27.866 kN/m

Le caratteristiche di sollecitazione dovute al peso proprio sono calcolate per trave semplicemente appoggiata sottoposta a carico uniforme. Il calcolo è cautelativo perché non tiene conto della presenza del retrotrave oltre l'asse appoggi, che è stato invece considerato nel modello fem.

E' preso in conto l'incremento delle sollecitazioni dovuto alle zone di appoggio ringrossate ed alla eventuale presenza dei trasversi.

Nelle seguenti tabelle di sollecitazioni, per tutte le diverse fasi di carico, è stato scelto lo stesso valore delle ascisse al fine di facilitare la sommatoria degli sforzi nelle sezioni.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001		

SOLLECITAZIONI DOVUTE AL PESO PROPRIO TRAVE (FASE n° 1)

Ascissa	T (kN)	Mf (kNm)	Mt (kNm)
0.00	372.89	0.00	0.00
1.80	303.11	644.70	0.00
2.40	286.39	835.04	0.00
6.00	186.07	1719.20	0.00
11.40	0.00	2216.54	0.00

Si riportano di seguito i risultati, in termini di caratteristiche delle sollecitazioni (momento flettente e taglio) indotte dal peso proprio delle travi (carichi fase 1). I risultati sono desunti dal software di calcolo agli elementi finiti Midas-Gen.

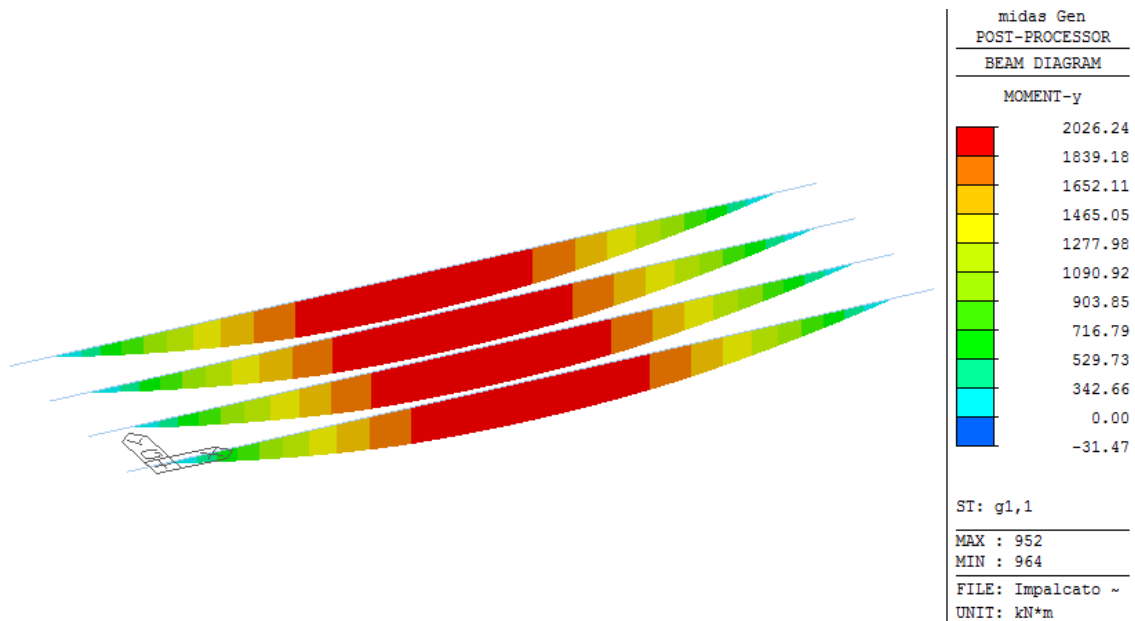


Figura 34: Peso proprio travi – Momento flettente (kNm)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 85 di 180

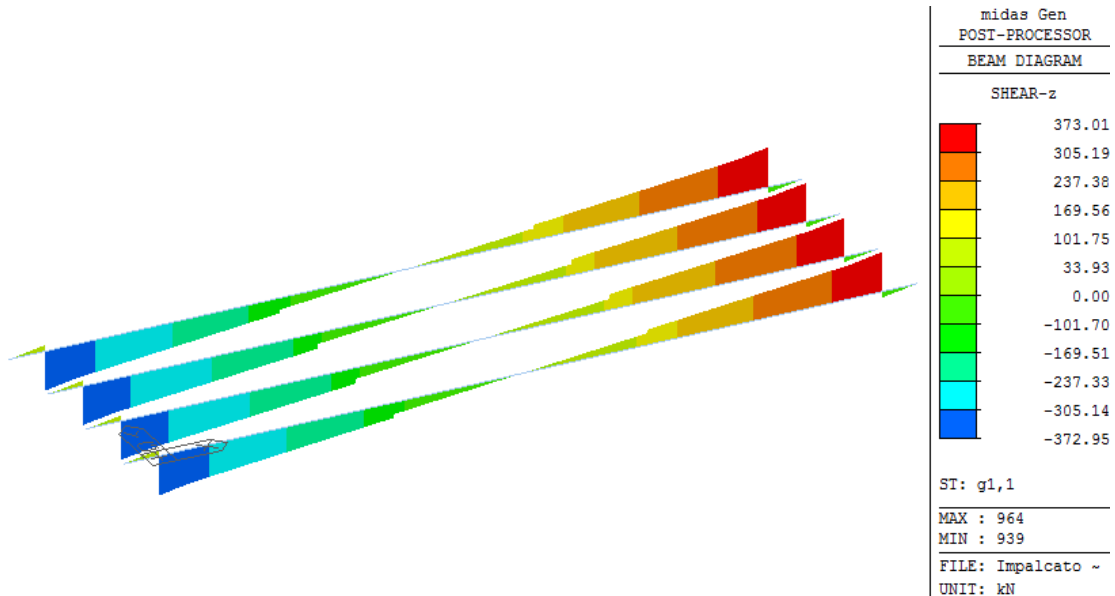


Figura 35: Peso proprio travi – Taglio (kNm)

CALCOLI PER LA FASE DI CARICO N.2

DEFINIZIONE DELLA LARGHEZZA DI SOLETTA COLLABORANTE

La larghezza della soletta collaborante vale:

in riferimento alla luce di calcolo cm 456.00

Le dalles sono collaboranti.

Altezza utile della soletta risulta di cm 31.00

in riferimento all'altezza della soletta ed alla larghezza dell'ala superiore della trave, risulta una larghezza di soletta collaborante pari a cm 400.00

in riferimento agli interassi delle travi risulta una larghezza di soletta collaborante pari a cm 241.00

La larghezza della soletta riferita al bordo dell'impalcato è pari a cm 440.50

Secondo la normativa per la definizione delle caratteristiche elastiche della trave si assume la larghezza di cm 240.00

La larghezza assunta per il calcolo dei pesi della fase 2 è cm 343.00

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 86 di 180

Area della soletta più eventuali dalles 1.063 m²
Peso proprio soletta e dalles $p = 26.583 \text{ kN/m}$

Area del trasverso 0.630 m²
Lunghezza trasverso (tratto sulla trave) 2.090 m
Peso proprio di un tratto di trasverso $p = 32.918 \text{ kN}$

Le caratteristiche di sollecitazione dovute ai carichi sono calcolate per trave semplicemente appoggiata sottoposta al carico uniforme dovuto al getto della soletta.

Le sollecitazioni indotte dai trasversi sono calcolate per carichi concentrati su trave appoggiata.

SOLLECITAZIONI DOVUTE AL PESO PROPRIO SOLETTA (FASE n° 2)

Ascissa	T (kN)	Mf (kNm)	Mt (kNm)
0.00	303.04	0.00	0.00
1.80	255.19	502.41	0.00
2.40	239.24	650.74	0.00
6.00	143.55	1339.76	0.00
11.40	0.00	1727.33	0.00

Si riportano di seguito i risultati, in termini di caratteristiche delle sollecitazioni (momento flettente e taglio) e di spostamenti, indotti dal peso proprio della soletta (carichi fase 2). I risultati sono desunti dal software di calcolo agli elementi finiti Midas-Gen.

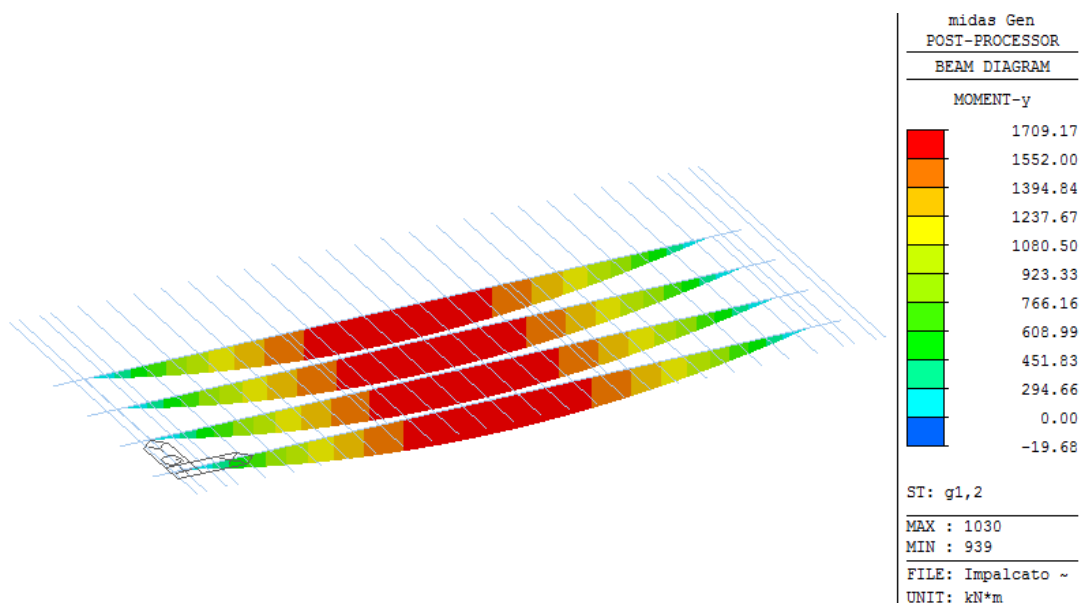


Figura 36: Getto della soletta – Momento flettente (kNm)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 87 di 180

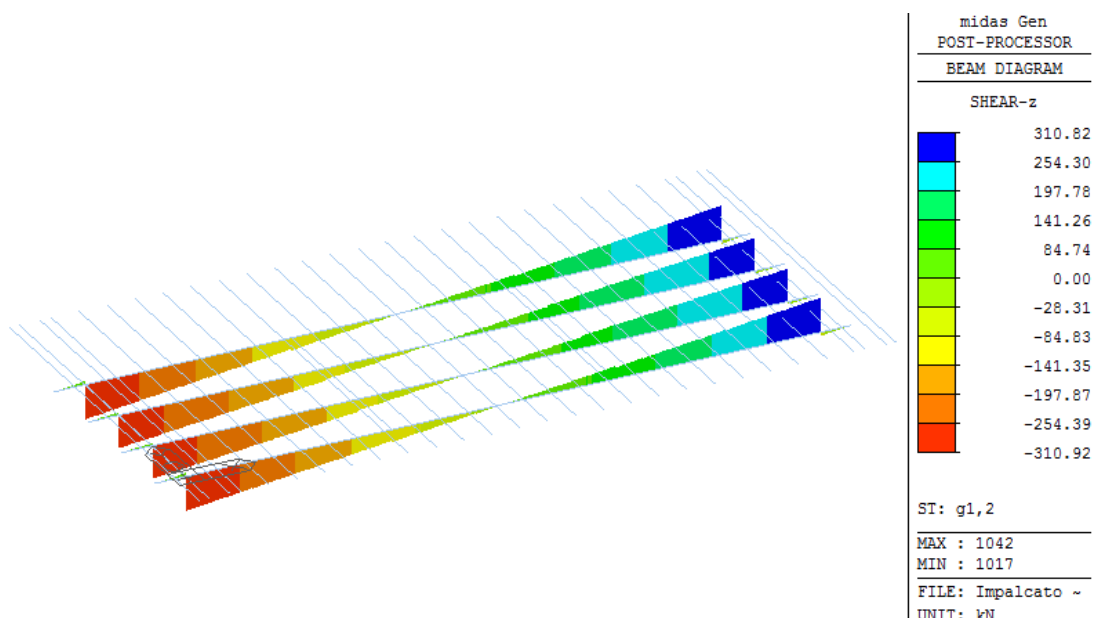


Figura 37: Getto della soletta – Taglio (kNm)

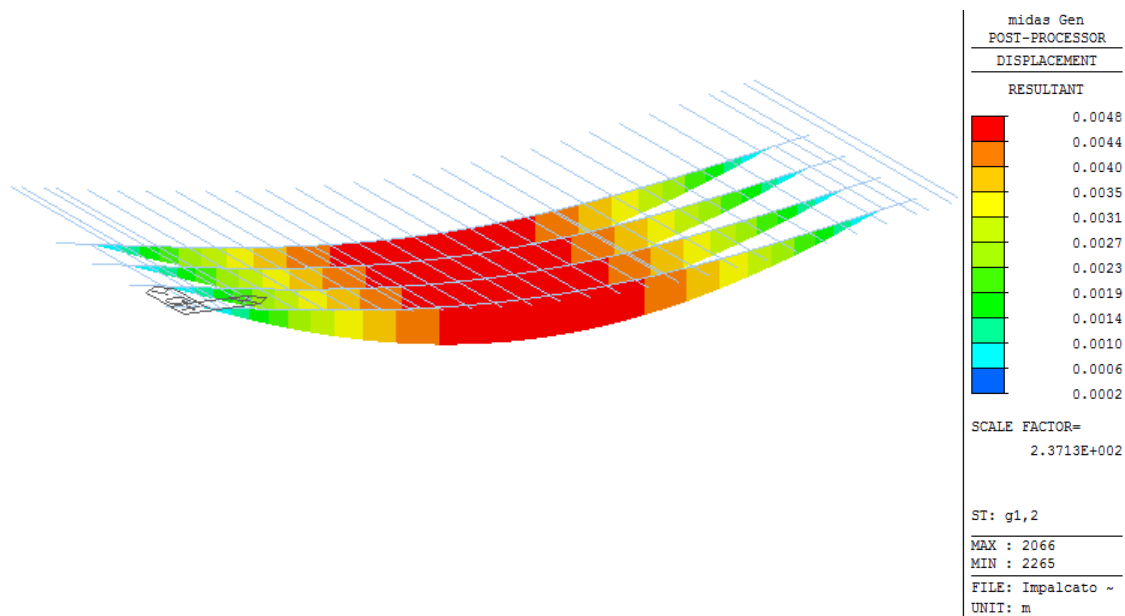


Figura 38: Getto della soletta – Deformata a flessione

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	88 di 180

CALCOLI PER LA FASE DI CARICO N.3

CALCOLI PER LE FASI N° 3 E N° 4

Le sollecitazioni dovute alle fasi n° 3 e n° 4 sono ricercate con l'ausilio del programma di analisi strutturale.

Lo schema strutturale dell'impalcato definisce un grigliato piano formato dalle travi longitudinali, dai trasversi di testata, dai trasversi intermedi e da travi trasversali con cui è descritta la soletta.

Le tabelle delle sollecitazioni per le fasi n°3 e n° 4 riportate nelle pagine seguenti sono un estratto degli elaborati del calcolo elettronico e descrivono l'involuppo delle sollecitazioni per la fase n° 4.

SOLLECITAZIONI DOVUTE AI CARICHI PERMANENTI (FASE n° 3)

Ascissa	T (kN)	Mf (kNm)	Mt (kNm)
0.00	647.00	-15.26	517.07
1.80	530.00	758.00	518.77
2.40	464.00	1267.00	469.51
6.00	310.00	2764.00	173.26
11.40	-33.90	3430.00	24.52

Si riportano di seguito i risultati, in termini di caratteristiche delle sollecitazioni (momento flettente e taglio) e di spostamenti, indotti dai sovraccarichi permanenti portati, ovvero dai pesi delle barriere antirumore, delle velette, del pacchetto ferroviario, ecc. (carichi fase 3). I risultati sono desunti dal software di calcolo agli elementi finiti Midas-Gen.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 89 di 180

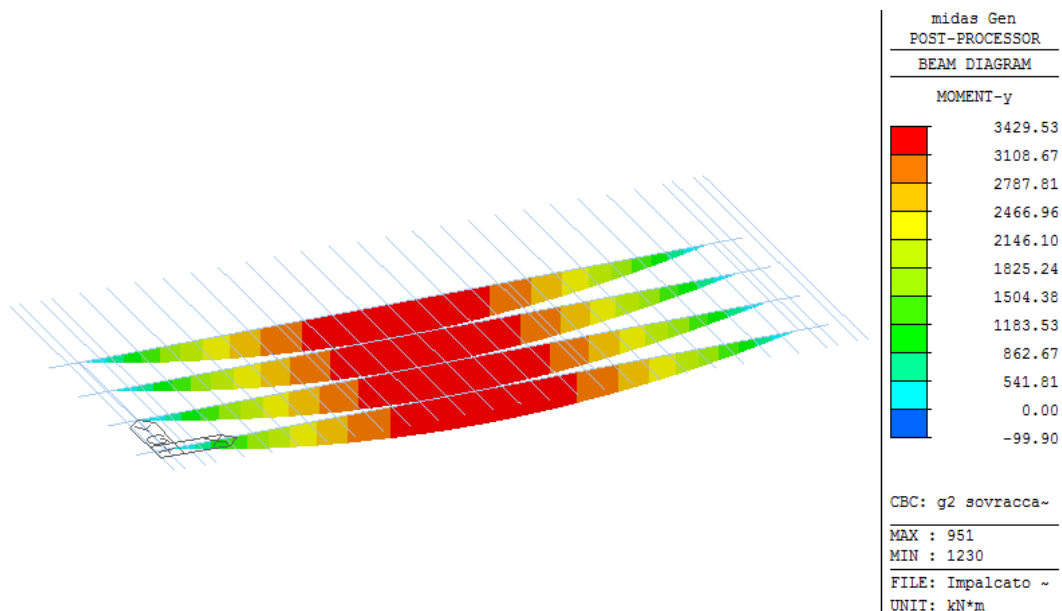


Figura 39: Sovraccarichi permanenti non strutturali – Momento flettente (kNm)

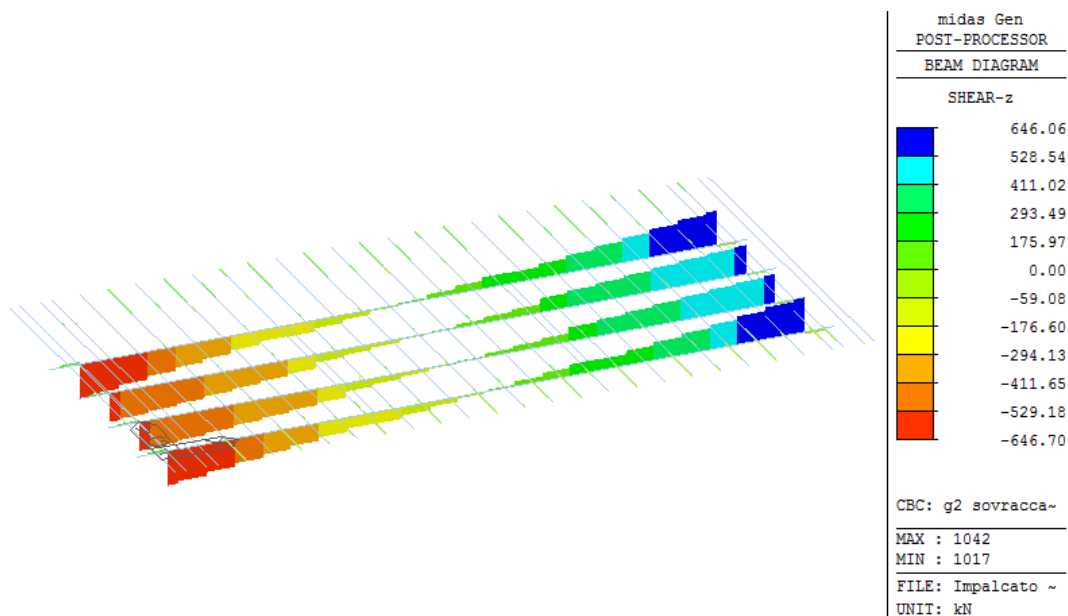


Figura 40: Sovraccarichi permanenti non strutturali – Taglio (kNm)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 90 di 180

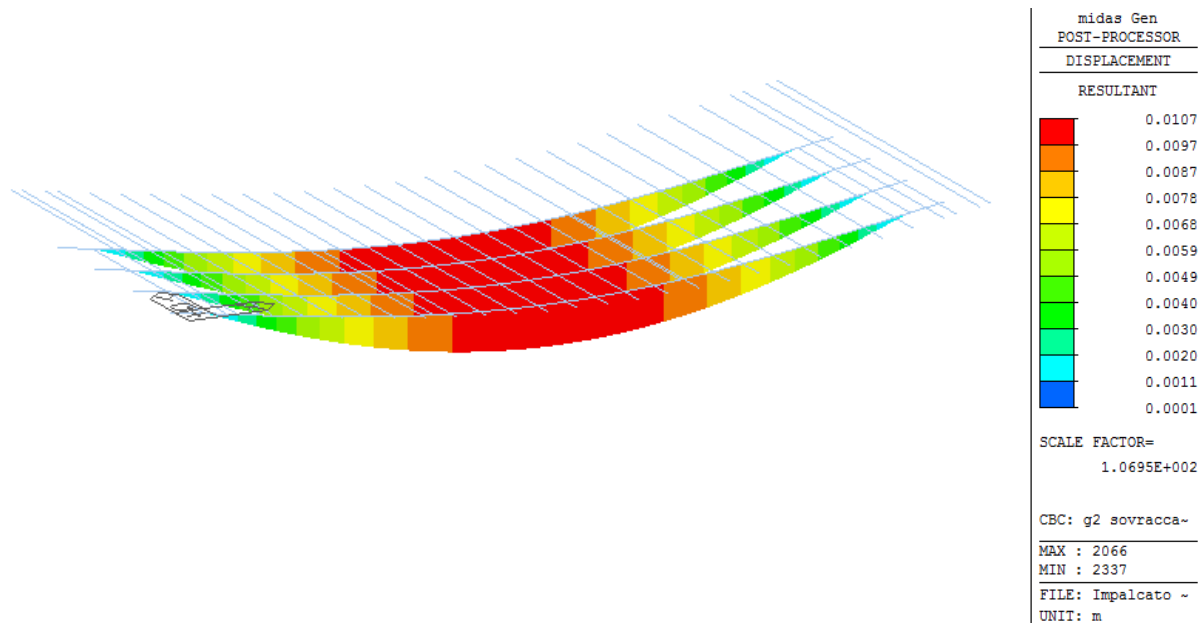


Figura 41: Sovraccarichi permanenti non strutturali – Deformata a flessione

CALCOLI PER LA FASE DI CARICO N.4

INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI PER CARICHI MOBILI (FASE n° 4)

Ascissa	T (kN)	Mf (kNm)	Mt (kNm)
0.00	1183.00	12.43	183.94
1.80	1091.00	2151.00	294.97
2.40	963.00	2897.00	297.11
6.00	812.00	4537.00	310.64
11.40	-3.30	5616.00	0.48

Si riportano di seguito i risultati, in termini di caratteristiche delle sollecitazioni (momento flettente e taglio) e di spostamenti, indotti dai carichi accidentali (carichi fase 4). I risultati sono desunti dal software di calcolo agli elementi finiti Midas-Gen. I risultati mostrati di seguito derivano dai carichi dovuti al traffico ferroviario su entrambi i binari (LM71 su un binario e SW2 sul secondo), incrementati del coefficiente α e del coefficiente di incremento dinamico.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 91 di 180

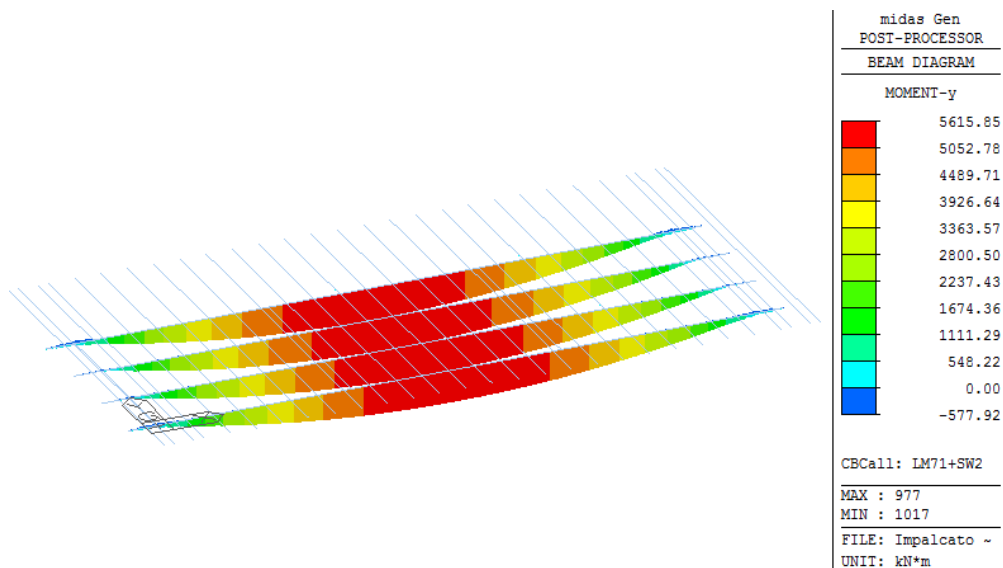


Figura 42: Carichi accidentali (LM71+SW2) – Momento flettente (kNm)

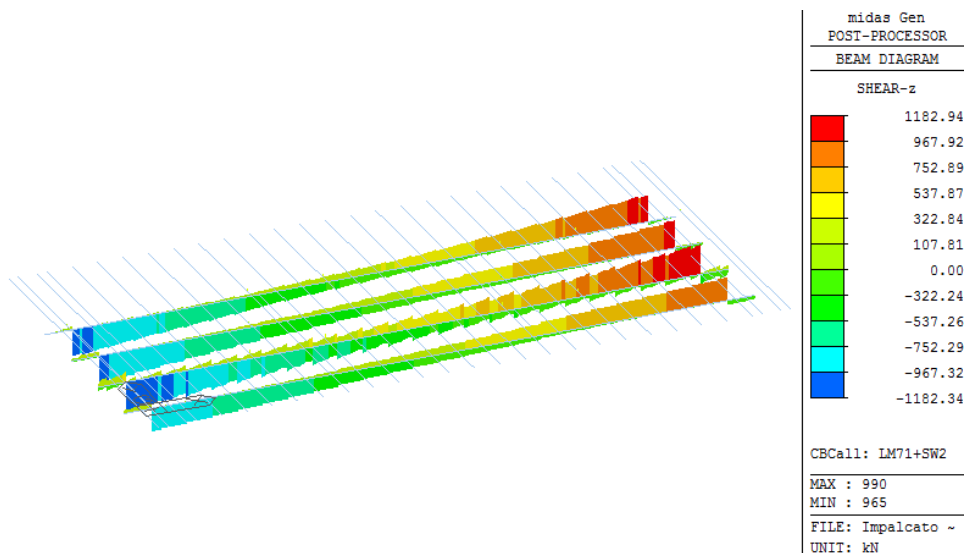


Figura 43: Carichi accidentali (LM71+SW2) – Taglio (kN)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 92 di 180

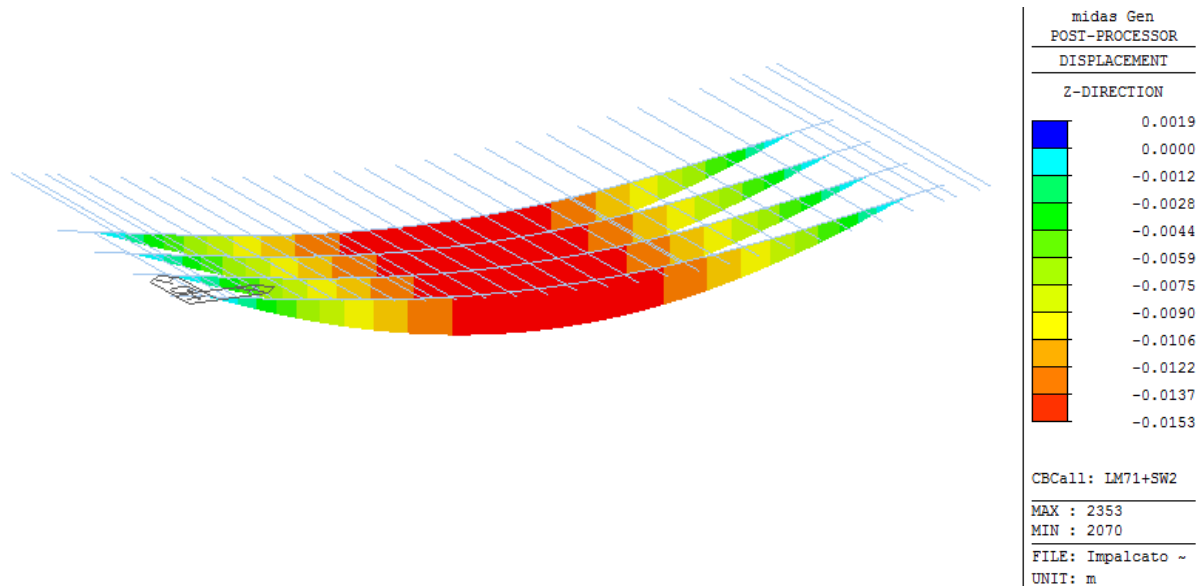


Figura 44: Carichi accidentali (LM71+SW2) – Deformata a flessione

Considerando la presenza dei treni di carico LM71 e SW2, incrementati con il corrispondente coefficiente α e con il coefficiente dinamico, il massimo valore di inflessione per effetto di tali carichi ferroviari non eccede il valore limite $L/600$. Si rimanda al paragrafo relativo alle verifiche di deformabilità per ulteriori dettagli.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 93 di 180		

10.1.2 Verifica delle sezioni

VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

In accordo a quanto stabilito dalla Normativa Tecnica saranno effettuate:

-VERIFICHE DI DEFORMABILITA' atte a determinare la corretta prestazione funzionale ed estetica richiesta all'opera.

-VERIFICHE DI FESSURAZIONE mirate a stabilire l'adeguato dimensionamento degli elementi in relazione allo stato tensionale di fessurazione

-VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO rivolte a stabilire che i livelli prestazionali dei materiali adottati siano inferiori ai limiti massimi consentiti. In particolare che la massima tensione di compressione nel calcestruzzo oc sia minore di 0,55fck e quella massima di trazione nell'acciaio os sia minore di 0,75fyk

Le verifiche allo stato limite di esercizio (SLE) sono eseguite prendendo in conto le sollecitazioni al loro valore caratteristico.

La verifica delle sezioni viene condotta considerando oltre alle sollecitazioni dovute alle fasi da 1 a 4 anche quelle dovute alla precompressione ed alle cadute di tensione per ritiro del calcestruzzo, rilassamento dell'acciaio e viscosità i cui valori sono indicati nei tabulati di calcolo.

Si tiene anche conto delle sollecitazioni dovute al ritiro differenziale tra il calcestruzzo gettato in opera e la trave prefabbricata.

Per ogni sezione verificata vengono indicate le caratteristiche geometriche ed elastiche, le armature di precompressione ed eventuali armature lente longitudinali.

VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO

La formula usata per la determinazione della tensione normale di esercizio è:

$$\sigma_i = P/A + M_f/W \quad \text{dove:}$$

σ_i = sigma di pressoflessione alla fibra iesima
 P = carico assiale agente sulla sezione
 A = area della sezione
 M_f = momento flettente
 W = modulo di resistenza della fibra in esame

N.B. Tutte le grandezze prese in conto (P, M, A, W), sono

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 94 di 180

riferite alla fase di carico in esame.

VERIFICA DELLA FESSURAZIONE

Si procede alla verifica a fessurazione della fibra inferiore della trave c.a.p. considerando il contributo dei carichi accidentali fattorizzato al 70%.

VERIFICA DI DEFORMABILITA'

Si procede alla verifica della deformabilità considerando l'abbassamento che si ha nella sezione di mezzera della campata dovuto al contributo dei soli carichi accidentali. Tale abbassamento deve essere minore di un 600mo della luce di calcolo

DERMINAZIONE DEI VALORI PER RITIRO DIFFERENZIALE

In considerazione del fatto che la trave prefabbricata ed il getto della soletta in opera hanno diverse entità dei valori di ritiro nascono delle forze di scorrimento.

Per la congruenza degli spostamenti esplicitata rispetto allo sforzo di scorrimento mutuo trave- soletta si ha:

$$S = \epsilon_{cs} \cdot E_{\infty} / (1/A_{sol} + 1/A_{tr} + y^2 / (J_{tr} + j_{sol})) \quad \text{dove:}$$

ϵ_{cs} = Coefficiente di deformazione
 E_{∞} = Modulo di elasticità ridotto ($2 \cdot 10^7$ kN/m²)
 A_{sol} = Area della soletta
 A_{tr} = Area della trave in c.a.p.
 y = distanza baricentro trave/baricentro soletta
 J_{tr} = Momento di inerzia trave isolata
 J_{sol} = Momento di inerzia soletta isolata

Il valore ϵ_{cs} è fornito dalla normativa e calcolato in funzione del perimetro della sezione di conglomerato (u) a contatto con l'atmosfera e l'area soletta con umidità relativa del 75% e con $t_0 > 60$ gg.

ϵ_{cs} varia da 0.00016 a 0.00020

Le formule applicate sono le seguenti: $M = S \cdot b$ dove:
 M = momento flettente risultante
 b = distanza tra il baricentro trave+soletta e centro soletta
Con queste caratteristiche di sollecitazione sono calcolate le sigma a pressoflessione nelle varie fibre della sezione con l'avvertenza di sottrarre il valore S/A alle fibre della soletta.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 95 di 180

DERMINAZIONE DEI VALORI PER CADUTE DI TENSIONE

Per la determinazione dei valori di caduta di tensione in travi precomprese prima di 14 giorni di stagionatura si applicano le seguenti formule:

Cadute di tensione per ritiro del calcestruzzo.

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

dove:

ϵ_{cd} = deformazione per essiccamento

ϵ_{ca} = deformazione per ritiro autogeno

$\epsilon_{cd} = kh \cdot \epsilon_{c0}$ $kh = f(h_0)$ $h_0 = \text{perimetro bagnato} = Ac/u$

Ac = area sezione $u = \text{perimetro esposto all'aria}$

ϵ_{c0} vedi tabella 11.2.Va da normativa 2008

$\epsilon_{ca} = -2.5(f_{ck} - 10)10^{-6}$ quindi

$$\epsilon_{cs} = 0.0003$$

pertanto $\sigma_{rit} = \epsilon_{cs} \cdot E_s$

Cadute di tensione per viscosità del calcestruzzo

$$\sigma_{vis} = f \cdot n \cdot \sigma_{cel}$$

dove:

f = coeff. di viscosità (tab. 11.2.VI e 11.2.VII 2008)

σ_{cel} = tensione al baricentro cavi

n = coefficiente di omogeneizzazione E_s/E_c

pertanto

$$\sigma_{vis} = 2.75 \cdot 6 \cdot 8 = 132 \text{ N/mm}^2$$

Cadute di tensione per rilassamento dell'acciaio

$$\sigma_{pi} = 0.66 \cdot \sigma_{1000} \cdot [e^{(9.1\mu)}] \cdot [(t/1000)^{0.75} (1-\mu)] \cdot 10^{-5}$$

Tali valori, calcolati per ogni sezione esaminata, saranno assegnati alle diverse fasi di carico con le seguenti percentuali sulla caduta totale:

caduta di tensione tra prima e seconda fase	%100.00%
caduta di tensione tra seconda e terza fase	0.00%
caduta di tensione tra terza e quarta fase	0.00%
caduta di tensione in fase finale	0.00%

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 96 di 180

VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Le verifiche di pressoflessione agli stati limite ultimi (SLU) sono eseguite confrontando il Momento Ultimo di rottura con il Momento Ultimo agente.

Il Momento Ultimo agente (Me) è trovato fattorizzando le sollecitazioni caratteristiche secondo i coefficienti indicati dalla normativa.

La verifica della sezione viene così eseguita.

La tensione massima applicabile ai cavi di precompressione vale $f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$

si ha dunque al baricentro dei cavi una forza

$$F = \text{area cavi} * f_{ptk}$$

Tale forza è contrastata da un'area ideale di calcestruzzo di soletta la cui altezza vale: $hc = F / (f_{cd} * ls)$ dove:

f_{cd} = resistenza ultima di calcolo del c.l.s. a compressione

ls = larghezza della soletta

Il braccio della coppia resistente è uguale alla distanza del baricentro cavi dall'estradosso della soletta meno $hc/2$

Moltiplicando la forza F per il braccio della coppia resistente si trova il Momento Ultimo di rottura (Mr).

Il rapporto Mr/Me deve essere maggiore di 1.

TAGLIO E TORSIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Si verificano a taglio e torsione le stesse sezioni per le quali è stata eseguita la verifica a pressoflessione.

Per il taglio la sezione è schematizzata attraverso i suoi elementi strutturali resistenti; ovvero armature trasversali, armature longitudinali, corrente compresso e puntoni d'anima inclinati. La sezione sarà verificata nel caso in cui il valore dello sforzo tagliante agente V_{ed} risulterà minore di quello ultimo V_{rd} dove V_{rd} è il minore tra quello calcolato con riferimento all'armatura trasversale (V_{rds}) o al calcestruzzo d'anima (V_{rzd}).

$$V_{rds} = 0,9 * d * (A_{sw}/s) * f_{yd} * (ctg\alpha + ctg\theta) * \sin\alpha$$

$$V_{rzd} = 0,9 * d * b_w * \alpha * f'_{cd} * (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

con il seguente significato dei termini:

d = altezza utile della sezione

b_w = larghezza minima della sezione

α = coefficiente maggiorativo pari a:

1	per membrane non compresse
$1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
$2,5 (1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 97 di 180

σ_{cp} = tensione media di compressione nelle sezione =
 $Ned/Ac \leq 0,2f_{cd}$
 A_{sw} = area dell'armatura trasversale
 s = interasse tra due armature trasversali
 α = angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
 θ = inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
 f'_{cd} = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima
 $f'_{cd} = 0,5f_{cd}$

Nel caso di precompressione deve essere $ctg\theta_1 \leq ctg\theta$ dove:
 θ_1 = angolo di inclinazione della prima fessura e $ctg\theta_1 = \tau/\sigma_I$
 τ = tensione tangenziale sulla corda baricentrica
 σ_I = tensione principale di trazione sulla corda baricentrica
 (per il calcolo della sigma principale di trazione vedi

nota)

La verifica viene eseguita per le fibre situate al livello del baricentro trave+soletta
 le quote sono riferite alla base della trave.

Analogo discorso vale per le verifiche riguardo le azioni di tipo torcente. In particolare si calcola la torsione ultima (Trd).

con riferimento alle staffe trasversali Trsd
 con riferimento all'armatura longitudinale Trld
 con riferimento al calcestruzzo Trcd

$$Trsd = 2 \cdot A \cdot (A_s/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta$$

$$Trld = 2 \cdot A \cdot (\Sigma A_l/um) \cdot f_{yd}/ctg\theta$$

$$Trcd = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta)$$

con li seguente significato dei termini:

A = area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico

A_s = area delle staffe

um = perimetro medio del nucleo resistente

ΣA_l = area complessiva delle barre longitudinali

Si considera torsione ultima il valore minore dei tre valori di torsione precedenti.

Le sezioni verificate agli S.L.U. riguardo alle sollecitazioni taglianti e torcenti risulteranno verificate qualora le azioni agenti saranno minori dei valori ultimi.

Nel caso di contemporaneità di sforzi di taglio e torcenti si deve avere $V_{ed}/V_{rd} + T_{ed}/T_{rd} < 1$.

NOTA:

Per la determinazione della sigma principale di trazione si userà la seguente formula:

sigma principale di trazione massima

$$\sigma_{id} = \sigma_n / 2 - (1/2 \cdot \sqrt{(\sigma_n^2 + 4 \cdot \tau^2)}) \quad \text{dove:}$$

σ_n = sigma normale di pressoflessione

τ = tensione tangenziale della fibra in esame

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.						
<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	98 di 180

SEZIONE n° 1

Distanza dall'appoggio sinistro m 11.40

Caratteristiche geometriche ed inerziali

Trave isolata	solo cls	cls+cavi
Area	mq 1.1147	1.1784
posiz. baricentro dal fondo	m 0.8971	0.8786
Momento di inerzia	m4 0.5983	0.6400
Modulo di res. sup.	m3 0.4974	0.5240
Modulo di res. inf.	m3 0.6669	0.7285
Modulo di resist. (C)	m3	1.9700

Trave + soletta collaborante		
Area	mq 1.7491	1.8128
posiz. baricentro dal fondo	m 1.3897	1.3603
Momento di inerzia	m4 1.3489	1.3906
Modulo di res. sup. (T)	m3 1.8990	1.8800
Modulo di res. inf. (T)	m3 0.9706	1.0223
Modulo di res. sup. (S)	m3 1.3221	1.3248
Modulo di res. inf. (S)	m3 1.8990	1.8800
Modulo di resist. (C)	m3	1.7240

Area della soletta più eventuali dalles	
utilizzata per il calcolo dei pesi	mq 1.0633
altezza della trave	cm 210.00
altezza della trave + soletta	cm 241.00
Pos. del baricentro cavi dal fondo	cm 55.37

(T)=moduli di resistenza della trave prefabbricata
(S)=moduli di resistenza della soletta di finitura
(C)=modulo di resistenza al baricentro dei cavi

Armatura di precompressione

Nella sezione in esame sono presenti n° 10 strati di cavi

strato n° 1	8 cavi da 3/5''	a cm 6.00	dal fondo
strato n° 2	6 cavi da 3/5''	a cm 6.00	dal fondo
strato n° 3	8 cavi da 3/5''	a cm 11.00	dal fondo
strato n° 4	6 cavi da 3/5''	a cm 11.00	dal fondo
strato n° 5	8 cavi da 3/5''	a cm 16.00	dal fondo
strato n° 6	6 cavi da 3/5''	a cm 16.00	dal fondo
strato n° 7	2 cavi da 3/5''	a cm 30.00	dal fondo
strato n° 8	2 cavi da 3/5''	a cm 37.00	dal fondo
strato n° 9	24 cavi da 3/5''	a cm 99.50	dal fondo
strato n° 10	6 cavi da 3/5''	a cm 204.00	dal fondo

Per un totale di n° 76 cavi

Armatura lenta longitudinale			
n° 10	barre da 10 mm	a cm 5.00	dal fondo

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 99 di 180

n° 8 barre da 10 mm a cm 20.00 dal fondo

PERDITE DI PRECOMPRESSIONE DOVUTE A RILASSAMENTO, RITIRO, VISCOSITA'

La perdita dovuta a viscosità è indicata per la sezione sottoposta alle sole forze dovute ai carichi permanenti più la precompressione, con la sigma del calcestruzzo calcolata al livello del baricentro dei cavi.

Valore di σ_c al baricentro dei cavi	10.54 N/mm ²
Perdita dovuta a ritiro	61.80 N/mm ²
Perdita dovuta a viscosità	202.82 N/mm ²
Perdita dovuta a rilassamento	33.75 N/mm ²

Caduta di tensione totale calcolata	298.37 N/mm ²

deve essere:

$\sigma_{sp} = 1350.00 - 298.37 = 1051.63 < 1336.00$ N/mm ²	
Caduta di tensione totale assunta	298.37 N/mm ²
percentuale di caduta sul valore iniziale	22.10%

La caduta del valore di precompressione da applicare in percentuale alle diverse fasi di carico assume il seguente valore:

P =	-3167.83 kN	
braccio per il calcolo dei momenti fasi 1 e 2		32.49 cm
braccio per il calcolo dei momenti fasi 3 e 4		80.66 cm

SOLLECITAZIONI PER RITIRO DIFFERENZIALE.

Le sollecitazioni per ritiro differenziale calcolate con la formula indicata assumono i seguenti valori:

S =	707.91 kN
M =	651.05 kNm

SOLLECITAZIONI DI PRECOMPRESSIONE

Area totale dei trefoli	106.17 cm ²
P =	106.17 * 1350 / 10 = 14333.22 kN
M =	14333.22 * (0.5537 - 0.8786) = -6985.08 kNm

Le sollecitazioni per le fasi da 1 a 4 sono indicati alle tabelle precedenti.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 100 di 180

SEZIONE n° 1

Sezione a m 11.40 dall'appoggio

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE

Sollecit	Assiale kN	Momenti kNm	σ_{Tinf} N/mm ²	σ_{Tsup} N/mm ²	σ_{Cavi} N/mm ²	σ_{Sinf} N/mm ²	σ_{Ssup} N/mm ²
Scasser. Precomp. P.propr. totale	14333.22	-4656.72 2216.54	18.43 -2.98 15.45	3.45 4.15 7.60	14.48 -1.10 13.38	0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00
I Fase cadute totale	-3167.83	1029.19	-4.07 11.37	-0.76 6.83	-3.20 10.18	0.00 0.00	0.00 0.00
II Fase Get.sol. totale		1727.33	-2.33 9.05	3.23 10.07	-0.86 9.32	0.00 0.00	0.00 0.00
rit.sol.	715.94	658.44	-0.24	0.74	0.02	0.20	0.05
III Fase Finiture totale		3430.00	-3.33 5.48	1.81 12.62	-1.97 7.36	1.81 2.01	2.57 2.62
IV Fase Acciden.		5616.00	-5.44	2.96	-3.23	2.96	4.20
Tensioni finali			0.04	15.58	4.13	4.97	6.82

La verifica delle tensioni di esercizio per il calcestruzzo risulta soddisfatta.

Verifica delle tensioni finali nei cavi

Applicando la seguente formula si ha:

$\sigma_{tr} = (\sigma_i - \sigma_{cad}) \cdot (1 - \mu \cdot A_f (1/A_c + e^2/I_c)) = 1013.33 \text{ N/mm}^2$
con e=baricentro sezione -baricentro trefoli.

La verifica delle tensioni di esercizio per i cavi risulta soddisfatta.

Con carichi accidentali ridotti per la verifica a fessurazione si ha al lembo inferiore $\sigma_{Tinf} = 0.00 \text{ N/mm}^2$
La verifica di fessurazione risulta soddisfatta.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 101 di 180

N.B. Le σ negative indicano tensioni di trazione
 σ_T = sollecitazioni della trave c.a.p.
 σ_S = sollecitazioni delle fibre della soletta
 σ_{Cavi} = sollecitazioni del cls al baricentro dei cavi

Con i carichi adottati per il calcolo agli SLU si ha:

al lembo inferiore $\sigma_{Tinf} = 0.00 \text{ N/mm}^2$
al lembo superiore $\sigma_{Tsup} = 0.00 \text{ N/mm}^2$

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI - SLU

Verifica a pressoflessione

Tensioni di calcolo

Acciaio armonico: $f_{yd} = 1860 / 1.15 = 1617.39 \text{ N/mm}^2$
Calc. soletta : $f_{cd} = 0.47 * 40.00 = 18.80 \text{ N/mm}^2$

Area armature situate in zona tesa: 64.26 cm^2
Baricentro armature tese: 12.96 cm
Sforzo di trazione ultimo nell'acciaio:
 $64.26 * 1617.39 / 10000 = 10393.68 \text{ kN}$

Altezza rettangolo resistente equivalente:
 $10393.68 / (18.80 * 241.00 * 0.8) = 28.68 \text{ cm}$
Braccio forze interne:
 $241.00 - 28.68 / 2 - 12.96 = 213.71 \text{ cm}$

Momento di rottura = $10393.68 * 213.71 / 100 = 22211.91 \text{ kNm}$

Per la ricerca del valore dei momenti esterni si fattorizzano i momenti trovati per la condizione di SLE.

Momento SLU = 18097.92 kNm

Coeff. di sicurezza = $22211.91 / 18097.92 = 1.227$

A favore di sicurezza si trascura il contributo delle armature lente aggiuntive poste nella zona inferiore della trave.

Verifica a taglio e torsione della sezione a m 11.40 dall'appoggio

Con i valori dei carichi fattorizzati si ha:

Sollecitazione di taglio ultimo 50.22 kN con tensione $\tau = 0.08 \text{ N/mm}^2$

per singola anima = $TU/2 = 25.11 \text{ kN}$

Sollecitazione torcente ultima 33.75 kNm tensione $\tau = 0.06 \text{ N/mm}^2$

Si arma la singola anima con le seguenti staffe:

$\phi 14 \text{ mm}$ passo 25 cm a 2 braccia

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 102 di 180

Verifica alle forze di taglio

Quota della fibra baricentrica dal fondo trave 136.03
cm

La σ media per flessione alla fibra baricentrica vale $\sigma = 0.00$
N/mm²

Si ha quindi una σ principale di trazione pari a $\tau = -0.08$
N/mm²

Calcolo della cotangente dell'angolo θ_1 :

Cotangente $\theta_1 = \tau/\sigma = 0.08/-0.082 = -1.000$

Inclinazione puntone $\theta = 45.00^\circ$ cotangente = 1.000

Rapporto $\cotg(\theta_1)/\cotg(\theta) = -1.00/1.000 = -1.000 \leq 1$

con

Inclinazione α delle staffe 90°

Spessore minimo dell'anima = 16.00 cm

Tensione ultima dell'acciaio $f_{yd} = 391.30$ N/mm²

Tensione ultima del calcestruzzo $f_{lcd} = 12.93$ N/mm²

Applicado $V_{rzd} = 0.9 \cdot d \cdot A_s / s \cdot f_{yd} \cdot (\cotg\alpha + \cotg\theta) \cdot \sin\alpha$

si ricerca la resistenza ultima dell'acciaio

Resistenza ultima dell'acciaio $V_{rzd} = 670.64$ kN

area minima di staffe necessaria = $25.11 / 670.6 \cdot 307.88 = 11.53$

Applicado $V_{rzd} = 0.9 \cdot d \cdot b \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\cotg\alpha + \cotg\theta) / (1 + \cotg^2\theta)$

si ricerca la resistenza ultima del calcestruzzo

con σ di compressione = 12.16 N/mm² si ha $\alpha_c = 1.25$

Resistenza ultima del calcestruzzo $V_{rzd} = 1800.03$ kN

Verifica ai momenti torcenti

Area racchiusa dagli assi medi delle anime e delle solette

Area media = $(190.00 + 140.00) / 2 \cdot 210.00 = 34650.00$ cm²

Applicado $T_{rzd} = 2 \cdot A_m \cdot A_s / s \cdot f_{yd} \cdot \cotg\theta$

si ricerca la resistenza ultima dell'acciaio

Resistenza ultima dell'acciaio $T_{rzd} = 3339.52$ kN

area minima di staffe necessaria = $33.75 / 3339.52 \cdot 307.88 = 3.11$

Applicado $T_{rzd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \cotg\theta / (1 + \cotg^2\theta)$

si ricerca la resistenza ultima del calcestruzzo

Resistenza ultima del calcestruzzo $T_{rzd} = 7170.70$ kN

Controllo area staffe

Staffatura minima richiesta $11.53 + 3.11 = 14.64$ mm²

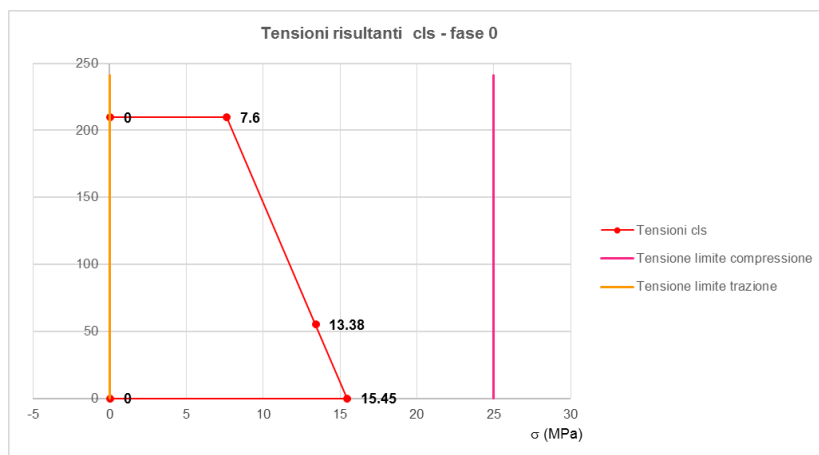
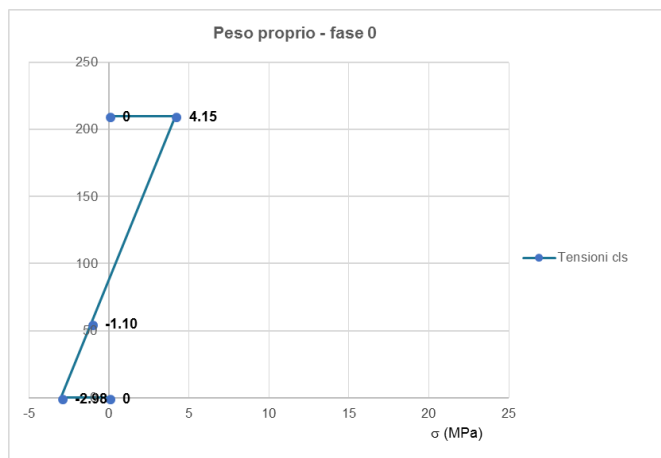
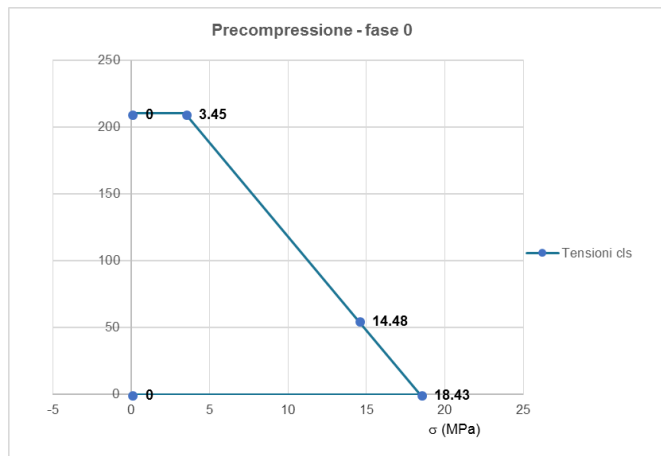
Area staffe effettiva $\varphi 14 \cdot 2$ braccia = 307.88 mm² > 14.64

Controllo bielle compresse del calcestruzzo

$50.22 / 1800.03 \cdot 2 + 33.75 / 7170.70 = 0.02 < 1$ cls verificato

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.02.17.001</td> <td>A</td> <td>103 di 180</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	103 di 180	
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	103 di 180									

Di seguito si riporta l'andamento delle tensioni di esercizio nel calcestruzzo, relative alla sezione in esame, indotte nelle diverse fasi dalle azioni coinvolte.



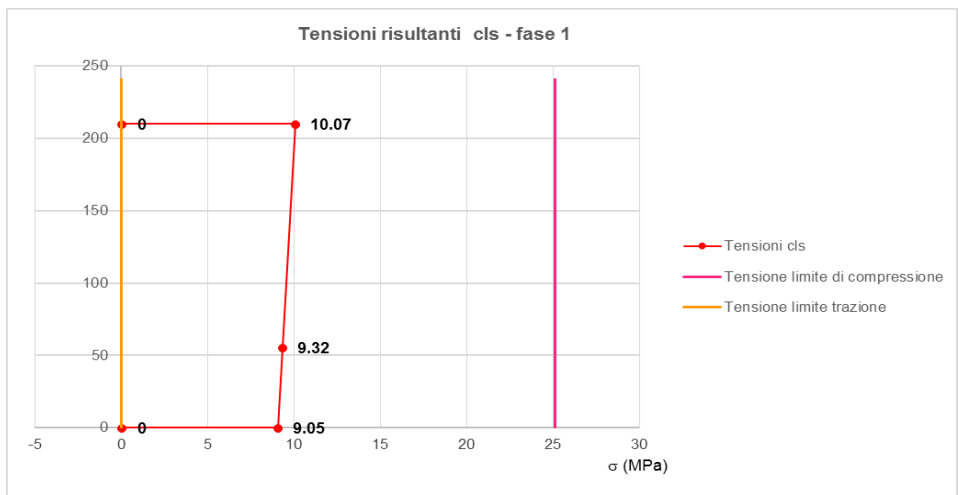
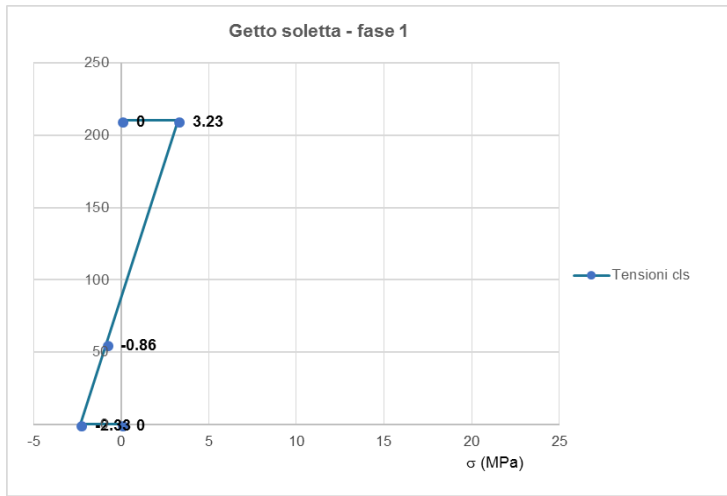
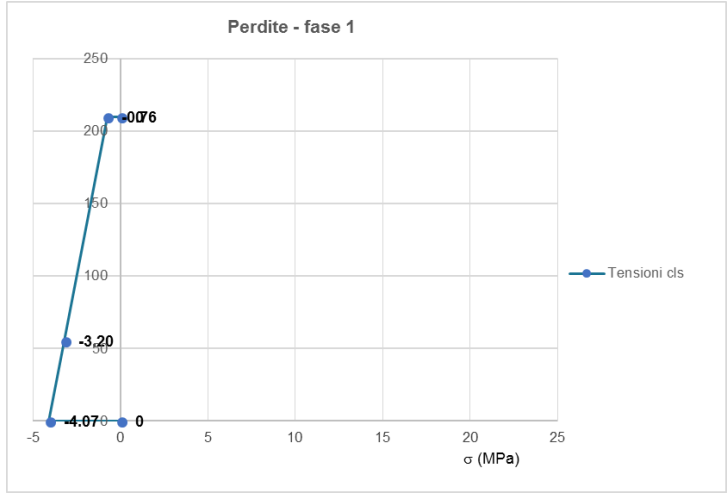
APPALTATORE:
Mandatario: **SALINI IMPREGILO S.p.A.** Mandante: **ASTALDI S.p.A.**

PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.** Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A.** **ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI
TRATTA NAPOLI-CANCELLO
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	104 di 180



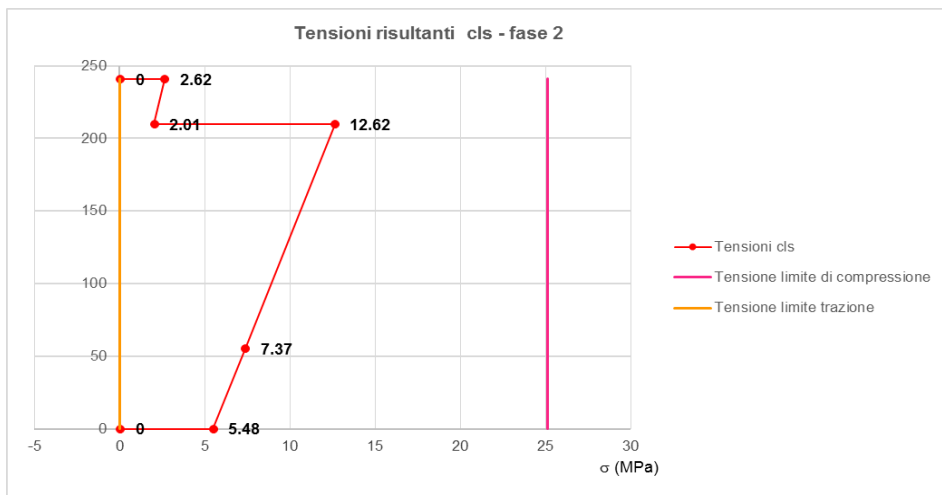
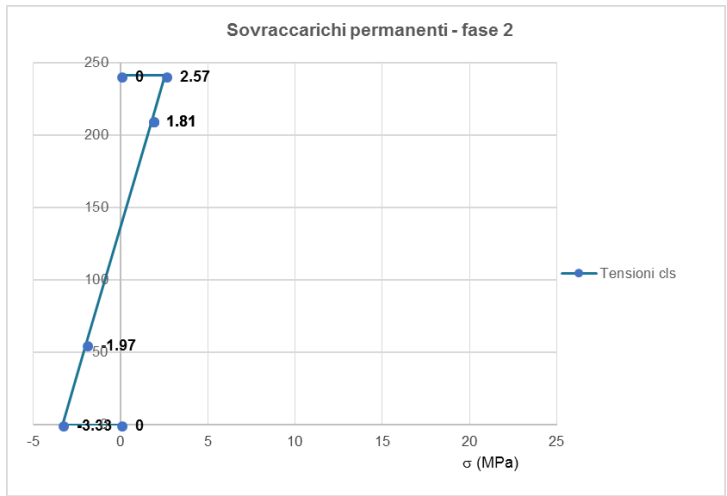
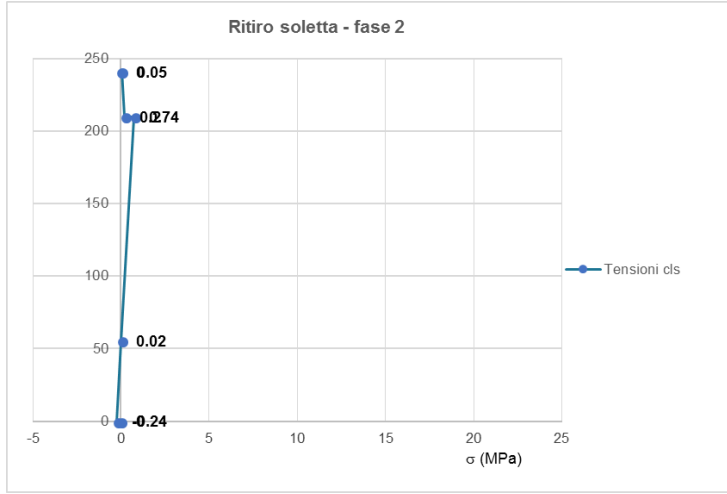
APPALTATORE:
Mandatario: **SALINI IMPREGILO S.p.A.**
Mandante: **ASTALDI S.p.A.**

PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.**
Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI
TRATTA NAPOLI-CANCELLO
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	105 di 180



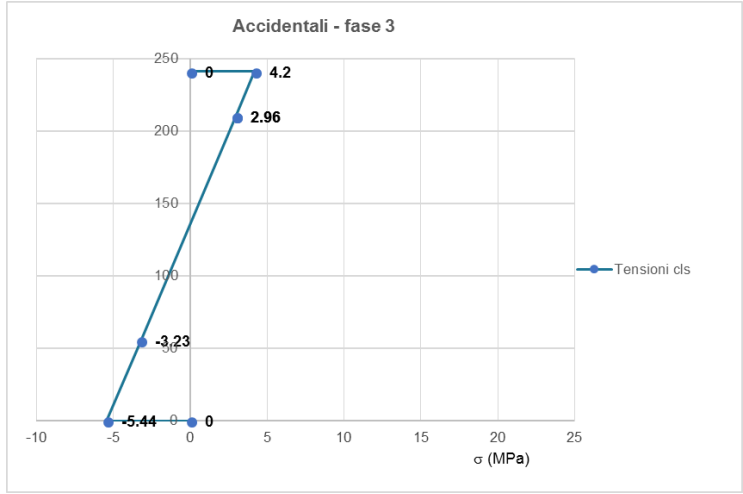
APPALTATORE:
Mandatario: **SALINI IMPREGILO S.p.A.**
Mandante: **ASTALDI S.p.A.**

PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.**
Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI
TRATTA NAPOLI-CANCELLO
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	106 di 180



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 107 di 180

SEZIONE n° 2

Distanza dall'appoggio sinistro m 6.00

Caratteristiche geometriche ed inerziali

Trave isolata	solo cls	cls+cavi
Area	mq 1.1147	1.1784
posiz. baricentro dal fondo	m 0.8971	0.8786
Momento di inerzia	m4 0.5983	0.6400
Modulo di res. sup.	m3 0.4974	0.5240
Modulo di res. inf.	m3 0.6669	0.7285
Modulo di resist. (C)	m3	1.9700

Trave + soletta collaborante		
Area	mq 1.7491	1.8128
posiz. baricentro dal fondo	m 1.3897	1.3603
Momento di inerzia	m4 1.3489	1.3906
Modulo di res. sup. (T)	m3 1.8990	1.8800
Modulo di res. inf. (T)	m3 0.9706	1.0223
Modulo di res. sup. (S)	m3 1.3221	1.3248
Modulo di res. inf. (S)	m3 1.8990	1.8800
Modulo di resist. (C)	m3	1.7240

Area della soletta più eventuali dalles utilizzata per il calcolo dei pesi	mq 1.0633
altezza della trave	cm 210.00
altezza della trave + soletta	cm 241.00
Pos. del baricentro cavi dal fondo	cm 55.37

(T)=moduli di resistenza della trave prefabbricata
(S)=moduli di resistenza della soletta di finitura
(C)=modulo di resistenza al baricentro dei cavi

Armatura di precompressione

Nella sezione in esame sono presenti n° 10 strati di cavi

strato n° 1	8 cavi da 3/5''	a cm 6.00	dal fondo
strato n° 2	6 cavi da 3/5''	a cm 6.00	dal fondo
strato n° 3	8 cavi da 3/5''	a cm 11.00	dal fondo
strato n° 4	6 cavi da 3/5''	a cm 11.00	dal fondo
strato n° 5	8 cavi da 3/5''	a cm 16.00	dal fondo
strato n° 6	6 cavi da 3/5''	a cm 16.00	dal fondo
strato n° 7	2 cavi da 3/5''	a cm 30.00	dal fondo
strato n° 8	2 cavi da 3/5''	a cm 37.00	dal fondo
strato n° 9	24 cavi da 3/5''	a cm 99.50	dal fondo
strato n° 10	6 cavi da 3/5''	a cm 204.00	dal fondo

Per un totale di n° 76 cavi

Armatura lenta longitudinale				
n° 10	barre da 10 mm	a cm 5.00	dal fondo	
n° 8	barre da 10 mm	a cm 20.00	dal fondo	

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 108 di 180

PERDITE DI PRECOMPRESSIONE DOVUTE A RILASSAMENTO, RITIRO, VISCOSITA'

La perdita dovuta a viscosità è indicata per la sezione sottoposta alle sole forze dovute ai carichi permanenti più la precompressione, con la sigma del calcestruzzo calcolata al livello del baricentro dei cavi.

Valore di σ_c al baricentro dei cavi	11.37 N/mm ²
Perdita dovuta a ritiro	61.80 N/mm ²
Perdita dovuta a viscosità	218.88 N/mm ²
Perdita dovuta a rilassamento	33.75 N/mm ²

Caduta di tensione totale calcolata	314.43 N/mm ²

deve essere:

$\sigma_{sp} = 1350.00 - 314.43 = 1035.57 < 1336.00$ N/mm ²	
Caduta di tensione totale assunta	314.43 N/mm ²
percentuale di caduta sul valore iniziale	23.29%

La caduta del valore di precompressione da applicare in percentuale alle diverse fasi di carico assume il seguente valore:

P =	-3338.33 kN
braccio per il calcolo dei momenti fasi 1 e 2	32.49 cm
braccio per il calcolo dei momenti fasi 3 e 4	80.66 cm

SOLLECITAZIONI PER RITIRO DIFFERENZIALE.

Le sollecitazioni per ritiro differenziale calcolate con la formula indicata assumono i seguenti valori:

S =	707.91 kN
M =	651.05 kNm

SOLLECITAZIONI DI PRECOMPRESSIONE

Area totale dei trefoli	106.17 cm ²
P =	$106.17 * 1350 / 10 = 14333.22$ kN
M =	$14333.22 * (0.5537 - 0.8786) = -6985.08$ kNm

Le sollecitazioni per le fasi da 1 a 4 sono indicati alle tabelle precedenti.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 109 di 180		

SEZIONE n° 2

Sezione a m 6.00 dall'appoggio

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE

verifica con momenti flettenti positivi da carichi accidentali

Sollecit	Assiale kN	Momenti kNm	σ_{Tinf} N/mm ²	σ_{Tsup} N/mm ²	σ_{Cavi} N/mm ²	σ_{Sinf} N/mm ²	σ_{Ssup} N/mm ²
Scasser. Precomp. P.propr. totale	14333.22	-4656.72 1719.20	18.43 -2.31 16.12	3.45 3.22 6.67	14.48 -0.86 13.63	0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00
I Fase cadute totale	-3338.33	1084.59	-4.29 11.82	-0.80 5.86	-3.37 10.25	0.00 0.00	0.00 0.00
II Fase Get.sol. totale		1339.76	-1.80 10.02	2.51 8.37	-0.67 9.59	0.00 0.00	0.00 0.00
rit.sol.	715.94	658.44	-0.24	0.74	0.02	0.20	0.05
III Fase Finiture totale		2764.00	-2.68 7.10	1.46 10.57	-1.59 8.01	1.46 1.66	2.07 2.12
IV Fase Acciden.		4537.00	-4.40	2.39	-2.61	2.39	3.39
Tensioni finali			2.70	12.96	5.41	4.05	5.52

La verifica delle tensioni di esercizio per il calcestruzzo risulta soddisfatta.

Verifica delle tensioni finali nei cavi

Applicando la seguente formula si ha:

$$\sigma_{tr} = (\sigma_i - \sigma_{cad}) \cdot (1 - \mu \cdot A_f (1/A_c + e^2/I_c)) = 997.85 \text{ N/mm}^2$$

con e=baricentro sezione -baricentro trefoli.

La verifica delle tensioni di esercizio per i cavi risulta soddisfatta.

Con carichi accidentali ridotti per la verifica a fessurazione

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 110 di 180

si ha al lembo inferiore $\sigma_{Tinf} = 0.00 \text{ N/mm}^2$
La verifica di fessurazione risulta soddisfatta.

N.B. Le σ negative indicano tensioni di trazione
 σ_T = sollecitazioni della trave c.a.p.
 σ_S = sollecitazioni delle fibre della soletta
 σ_{Cavi} = sollecitazioni del cls al baricentro dei cavi

Con i carichi adottati per il calcolo agli SLU si ha:
al lembo inferiore $\sigma_{Tinf} = 0.00 \text{ N/mm}^2$
al lembo superiore $\sigma_{Tsup} = 0.00 \text{ N/mm}^2$

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI - SLU

Verifica a pressoflessione

Tensioni di calcolo

Acciaio armonico: $f_{yd} = 1860 / 1.15 = 1617.39 \text{ N/mm}^2$
Calc. soletta : $f_{cd} = 0.47 * 40.00 = 18.80 \text{ N/mm}^2$

Area armature situate in zona tesa: 64.26 cm^2
Baricentro armature tese: 12.96 cm
Sforzo di trazione ultimo nell'acciaio:
 $64.26 * 1617.39 / 10000 = 10393.68 \text{ kN}$

Altezza rettangolo resistente equivalente:
 $10393.68 / (18.80 * 241.00 * 0.8) = 28.68 \text{ cm}$
Braccio forze interne:
 $241.00 - 28.68 / 2 - 12.96 = 213.71 \text{ cm}$

Momento di rottura = $10393.68 * 213.71 / 100 = 22211.91 \text{ kNm}$

Per la ricerca del valore dei momenti esterni si fattorizzano i momenti trovati per la condizione di SLE.

Momento SLU = 14439.65 kNm

Coeff. di sicurezza = $22211.91 / 14439.65 = 1.538$

A favore di sicurezza si trascura il contributo delle armature lente aggiuntive poste nella zona inferiore della trave.

Verifica a taglio e torsione della sezione a m 6.00 dall'appoggio

Con i valori dei carichi fattorizzati si ha:

Sollecitazione di taglio ultimo 2040.89 kN con tensione $\tau = 3.20 \text{ N/mm}^2$
per singola anima = $TU/2 = 1020.44 \text{ kN}$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	111 di 180

N/mm² Sollecitazione torcente ultima 472.56 kNm tensione τ 1.18

Si arma la singola anima con le seguenti staffe:
 ϕ 14 mm passo 15 cm a 2 braccia

Verifica alle forze di taglio

cm Quota della fibra baricentrica dal fondo trave 136.03

N/mm² La σ media per flessione alla fibra baricentrica vale $\sigma = 0.00$

N/mm² Si ha quindi una σ principale di trazione pari a $\tau = -3.20$

Calcolo della cotangente dell'angolo θ_1 :
Cotangente $\theta_1 = \tau/\sigma = 3.20/-3.202 = -1.000$
Inclinazione puntone $\theta = 45.00^\circ$ cotangente = 1.000
Rapporto $\cotg(\theta_1)/\cotg(\theta) = -1.00/1.000 = -1.000 \leq 1$
con

Inclinazione α delle staffe 90°
Spessore minimo dell'anima = 16.00 cm
Tensione ultima dell'acciaio $f_{yd} = 391.30$ N/mm²
Tensione ultima del calcestruzzo $f_{lcd} = 12.93$ N/mm²

Applicado $V_{rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_s / s \cdot f_{yd} \cdot (\cotg\alpha + \cotg\theta) \cdot \sin\alpha$
si ricerca la resistenza ultima dell'acciaio
Resistenza ultima dell'acciaio $V_{rsd} = 1117.74$ kN
area minima di staffe necessaria = $1020.44 / 1117.7 \cdot 307.88 = 281.02$

Applicado $V_{rzd} = 0.9 \cdot d \cdot b \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\cotg\alpha + \cotg\theta) / (1 + \cotg^2\theta)$
si ricerca la resistenza ultima del calcestruzzo
con σ di compressione = 12.16 N/mm² si ha $\alpha_c = 1.25$
Resistenza ultima del calcestruzzo $V_{rzd} = 1800.03$ kN

Verifica ai momenti torcenti

Area racchiusa dagli assi medi delle anime e delle solette
Area media = $(190.00 + 140.00) / 2 \cdot 210.00 = 34650.00$ cm²

Applicado $T_{rsd} = 2 \cdot A_m \cdot A_s / s \cdot f_{yd} \cdot \cotg\theta$
si ricerca la resistenza ultima dell'acciaio
Resistenza ultima dell'acciaio $T_{rsd} = 5565.86$ kN
area minima di staffe necessaria = $472.56 / 5565.86 \cdot 307.88 = 26.14$

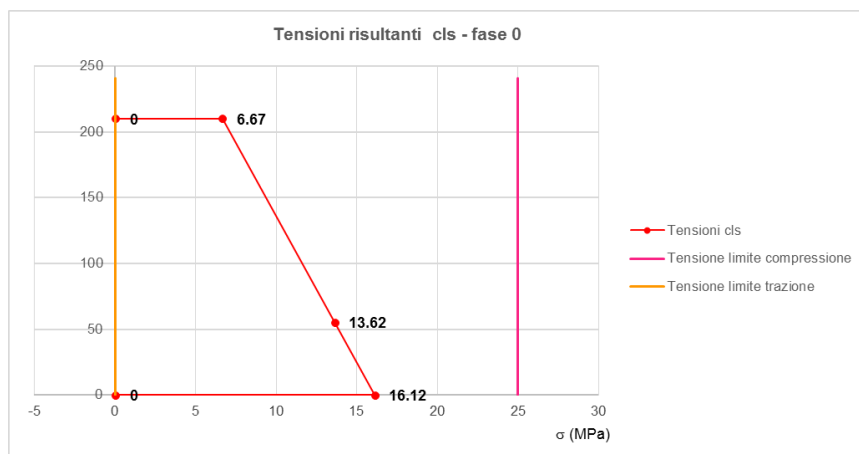
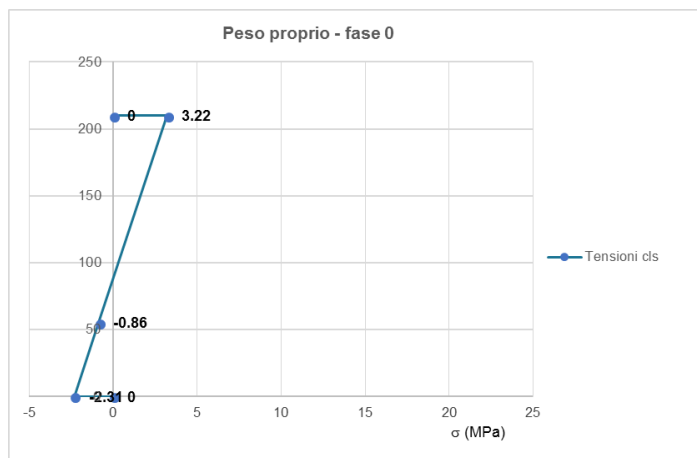
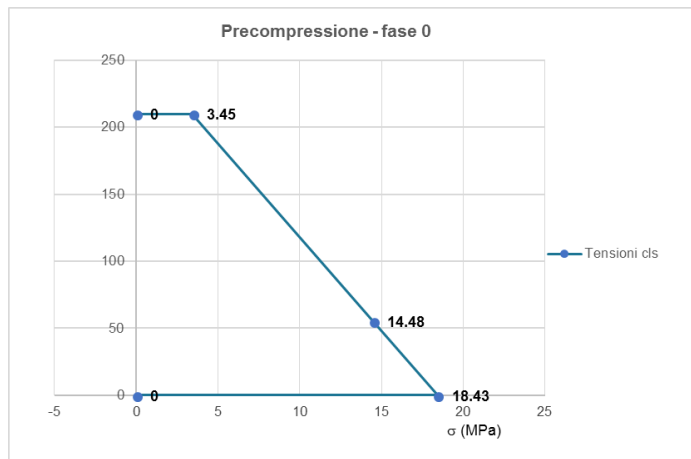
Applicado $T_{rzd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \cotg\theta / (1 + \cotg^2\theta)$
si ricerca la resistenza ultima del calcestruzzo
Resistenza ultima del calcestruzzo $T_{rzd} = 7170.70$ kN

Controllo area staffe
Staffatura minima richiesta $281.02 + 26.14 = 307.16$ mm²
Area staffe effettiva $\phi 14 \cdot 2$ braccia = 307.88 mm² > 307.16

Controllo bielle compresse del calcestruzzo
 $2040.89 / 1800.03 \cdot 2 + 472.56 / 7170.70 = 0.64 < 1$ cls verificato

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.02.17.001</td> <td>A</td> <td>112 di 180</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	112 di 180	
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	112 di 180									

Di seguito si riporta l'andamento delle tensioni di esercizio nel calcestruzzo, relative alla sezione in esame, indotte nelle diverse fasi dalle azioni coinvolte.



APPALTATORE:
Mandatario: **SALINI IMPREGILO S.p.A.**
Mandante: **ASTALDI S.p.A.**

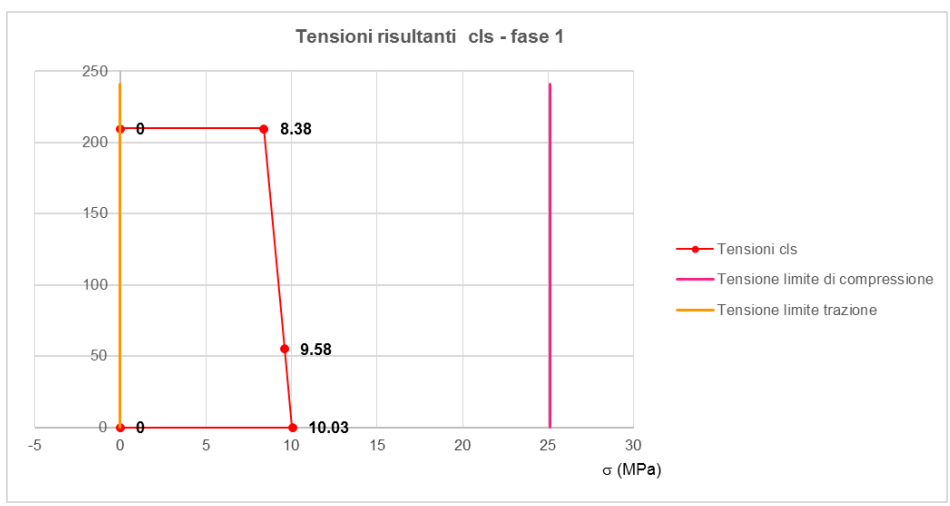
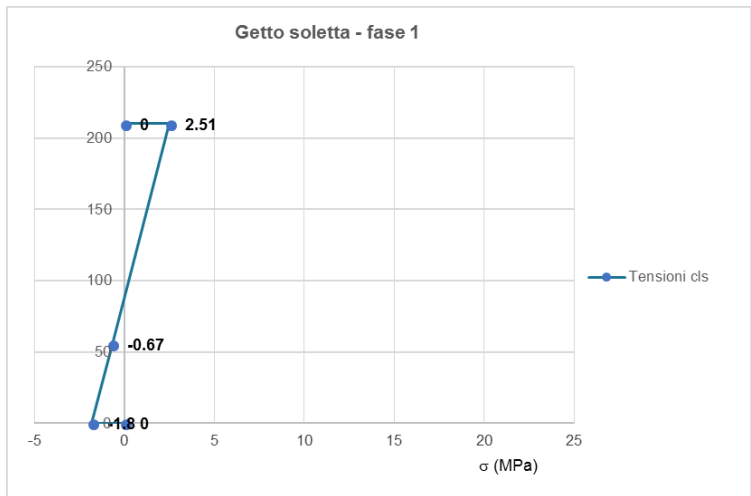
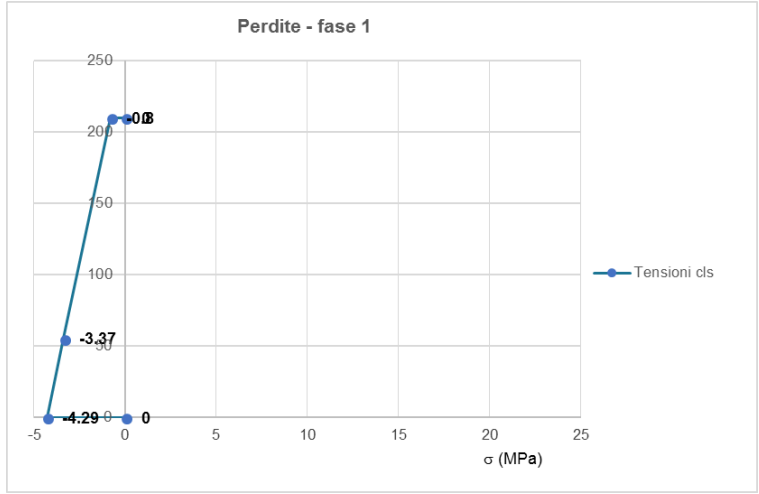
PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.**
Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI
TRATTA NAPOLI-CANCELLO

**IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	113 di 180



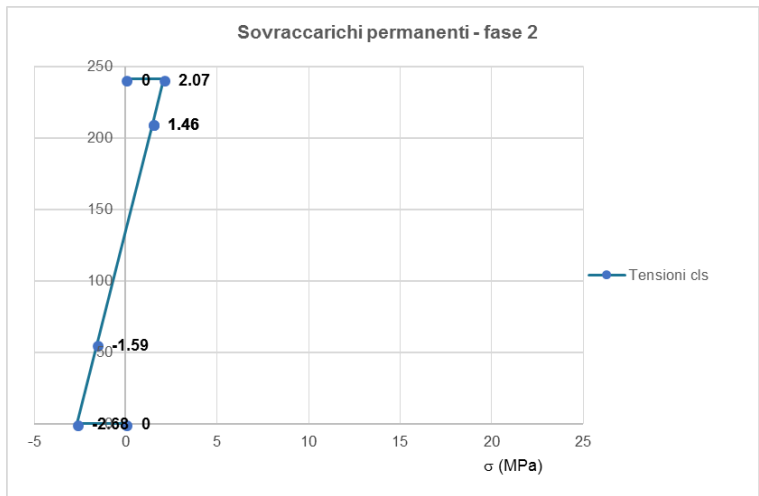
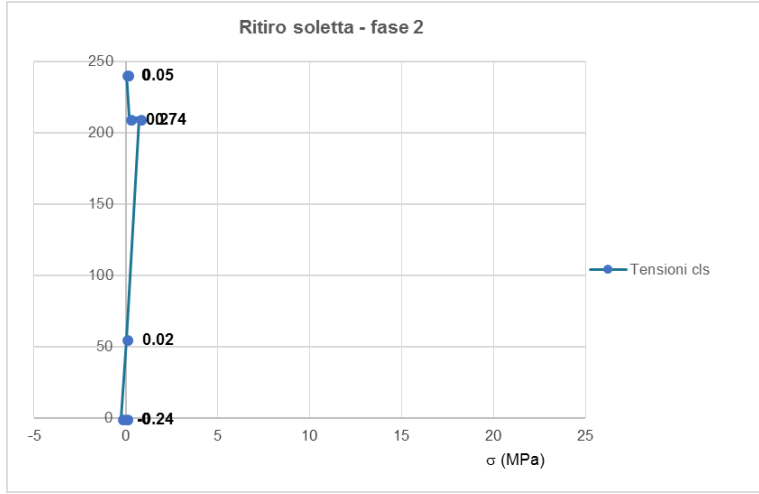
APPALTATORE:
Mandatario: **SALINI IMPREGILO S.p.A.**
Mandante: **ASTALDI S.p.A.**

PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.**
Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI
TRATTA NAPOLI-CANCELLO
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	114 di 180



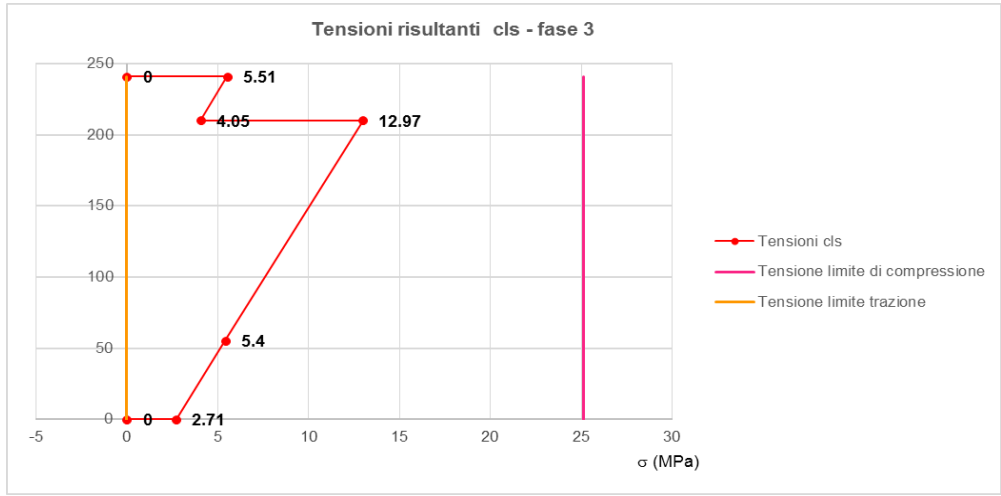
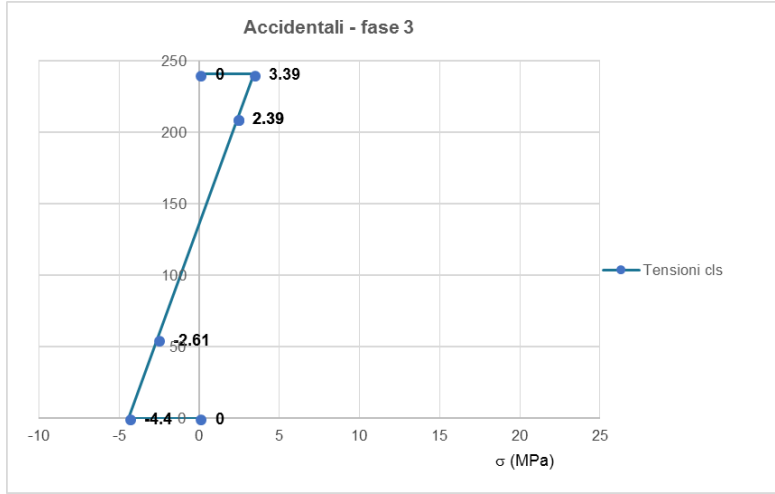
APPALTATORE:
Mandatario: **SALINI IMPREGILO S.p.A.**
Mandante: **ASTALDI S.p.A.**

PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.**
Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI
TRATTA NAPOLI-CANCELLO
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	115 di 180



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 116 di 180

SEZIONE n° 3

Distanza dall'appoggio sinistro m 2.40

Caratteristiche geometriche ed inerziali

Trave isolata	solo cls	cls+cavi
Area	mq 1.1147	1.1784
posiz. baricentro dal fondo	m 0.8971	0.8786
Momento di inerzia	m4 0.5983	0.6400
Modulo di res. sup.	m3 0.4974	0.5240
Modulo di res. inf.	m3 0.6669	0.7285
Modulo di resist. (C)	m3	1.9700

Trave + soletta collaborante		
Area	mq 1.7491	1.8128
posiz. baricentro dal fondo	m 1.3897	1.3603
Momento di inerzia	m4 1.3489	1.3906
Modulo di res. sup. (T)	m3 1.8990	1.8800
Modulo di res. inf. (T)	m3 0.9706	1.0223
Modulo di res. sup. (S)	m3 1.3221	1.3248
Modulo di res. inf. (S)	m3 1.8990	1.8800
Modulo di resist. (C)	m3	1.7240

Area della soletta più eventuali dalles utilizzata per il calcolo dei pesi	mq 1.0633
altezza della trave	cm 210.00
altezza della trave + soletta	cm 241.00
Pos. del baricentro cavi dal fondo	cm 55.37

(T)=moduli di resistenza della trave prefabbricata
(S)=moduli di resistenza della soletta di finitura
(C)=modulo di resistenza al baricentro dei cavi

Armatura di precompressione

Nella sezione in esame sono presenti n° 10 strati di cavi

strato n° 1	8 cavi da 3/5''	a cm	6.00	dal fondo
strato n° 2	6 cavi da 3/5''	a cm	6.00	dal fondo
strato n° 3	8 cavi da 3/5''	a cm	11.00	dal fondo
strato n° 4	6 cavi da 3/5''	a cm	11.00	dal fondo
strato n° 5	8 cavi da 3/5''	a cm	16.00	dal fondo
strato n° 6	6 cavi da 3/5''	a cm	16.00	dal fondo
strato n° 7	2 cavi da 3/5''	a cm	30.00	dal fondo
strato n° 8	2 cavi da 3/5''	a cm	37.00	dal fondo
strato n° 9	24 cavi da 3/5''	a cm	99.50	dal fondo
strato n° 10	6 cavi da 3/5''	a cm	204.00	dal fondo

Per un totale di n° 76 cavi

Armatura lenta longitudinale				
n° 10	barre da 10 mm	a cm	5.00	dal fondo
n° 8	barre da 10 mm	a cm	20.00	dal fondo

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		TRATTA NAPOLI-CANCELLO
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 117 di 180

PERDITE DI PRECOMPRESSIONE DOVUTE A RILASSAMENTO, RITIRO, VISCOSITA'

La perdita dovuta a viscosità è indicata per la sezione sottoposta alle sole forze dovute ai carichi permanenti più la precompressione, con la sigma del calcestruzzo calcolata al livello del baricentro dei cavi.

Valore di σ_c al baricentro dei cavi	13.01 N/mm ²
Perdita dovuta a ritiro	61.80 N/mm ²
Perdita dovuta a viscosità	250.52 N/mm ²
Perdita dovuta a rilassamento	33.75 N/mm ²

Caduta di tensione totale calcolata	346.07 N/mm ²

deve essere:

$\sigma_{sp} = 1350.00 - 346.07 = 1003.93 < 1336.00$ N/mm ²	
Caduta di tensione totale assunta	346.07 N/mm ²
percentuale di caduta sul valore iniziale	25.63%

La caduta del valore di precompressione da applicare in percentuale alle diverse fasi di carico assume il seguente valore:

P =	-3674.26 kN
braccio per il calcolo dei momenti fasi 1 e 2	32.49 cm
braccio per il calcolo dei momenti fasi 3 e 4	80.66 cm

SOLLECITAZIONI PER RITIRO DIFFERENZIALE.

Le sollecitazioni per ritiro differenziale calcolate con la formula indicata assumono i seguenti valori:

S =	707.91 kN
M =	651.05 kNm

SOLLECITAZIONI DI PRECOMPRESSIONE

Area totale dei trefoli	106.17 cm ²
P =	106.17 * 1350/10 = 14333.22 kN
M =	14333.22 * (0.5537 - 0.8786) = -6985.08 kNm

Le sollecitazioni per le fasi da 1 a 4 sono indicati alle tabelle precedenti.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 118 di 180	

SEZIONE n° 3

Sezione a m 2.40 dall'appoggio

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE

verifica con momenti flettenti positivi da carichi accidentali

Sollecit	Assiale kN	Momenti kNm	σ_{Tinf} N/mm ²	σ_{Tsup} N/mm ²	σ_{Cavi} N/mm ²	σ_{Sinf} N/mm ²	σ_{Ssup} N/mm ²
Scasser.							
Precomp.	14333.22	-4656.72	18.43	3.45	14.48	0.00	0.00
P.propr.		835.04	-1.12	1.56	-0.42	0.00	0.00
totale			17.31	5.01	14.07	0.00	0.00
I Fase							
cadute	-3674.26	1193.73	-4.73	-0.88	-3.71	0.00	0.00
totale			12.58	4.13	10.35	0.00	0.00
II Fase							
Get.sol.		650.74	-0.88	1.22	-0.32	0.00	0.00
totale			11.71	5.35	10.03	0.00	0.00
rit.sol.	715.94	658.44	-0.24	0.74	0.02	0.20	0.05
III Fase							
Finiture		1267.00	-1.23	0.67	-0.73	0.67	0.95
totale			10.24	6.76	9.32	0.87	1.00
IV Fase							
Acciden.		2897.00	-2.81	1.53	-1.67	1.53	2.17
Tensioni finali			7.43	8.28	7.65	2.39	3.17

La verifica delle tensioni di esercizio per il calcestruzzo risulta soddisfatta.

Verifica delle tensioni finali nei cavi

Applicando la seguente formula si ha:

$\sigma_{tr} = (\sigma_i - \sigma_{cad}) \cdot (1 - \mu \cdot A_f (1/A_c + e^2/I_c)) = 967.37 \text{ N/mm}^2$
con e=baricentro sezione -baricentro trefoli.

La verifica delle tensioni di esercizio per i cavi risulta soddisfatta.

Con carichi accidentali ridotti per la verifica a fessurazione si ha al lembo inferiore $\sigma_{Tinf} = 0.00 \text{ N/mm}^2$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 119 di 180	

La verifica di fessurazione risulta soddisfatta.

N.B. Le σ negative indicano tensioni di trazione
 σ_T = sollecitazioni della trave c.a.p.
 σ_S = sollecitazioni delle fibre della soletta
 σ_{Cavi} = sollecitazioni del cls al baricentro dei cavi

Con i carichi adottati per il calcolo agli SLU si ha:
al lembo inferiore $\sigma_{Tinf} = 0.00 \text{ N/mm}^2$
al lembo superiore $\sigma_{Tsup} = 0.00 \text{ N/mm}^2$

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI - SLU

Verifica a pressoflessione

Tensioni di calcolo

Acciaio armonico: $f_{yd} = 1860 / 1.15 = 1617.39 \text{ N/mm}^2$
Calc. soletta : $f_{cd} = 0.47 * 40.00 = 18.80 \text{ N/mm}^2$

Area armature situate in zona tesa: 64.26 cm^2
Baricentro armature tese: 12.96 cm
Sforzo di trazione ultimo nell'acciaio:
 $64.26 * 1617.39 / 10000 = 10393.68 \text{ kN}$

Altezza rettangolo resistente equivalente:
 $10393.68 / (18.80 * 241.00 * 0.8) = 28.68 \text{ cm}$
Braccio forze interne:
 $241.00 - 28.68 / 2 - 12.96 = 213.71 \text{ cm}$

Momento di rottura = $10393.68 * 213.71 / 100 = 22211.91 \text{ kNm}$

Per la ricerca del valore dei momenti esterni si fattorizzano i momenti trovati per la condizione di SLE.

Momento SLU = 7916.90 kNm

Coeff. di sicurezza = $22211.91 / 7916.90 = 2.806$

A favore di sicurezza si trascura il contributo delle armature lente aggiuntive poste nella zona inferiore della trave.

Verifica a taglio e torsione della sezione a m 2.40 dall'appoggio

Con i valori dei carichi fattorizzati si ha:

Sollecitazione di taglio ultimo 2732.35 kN con tensione τ 4.31 N/mm^2

per singola anima = $TU/2 = 1366.18 \text{ kN}$

Sollecitazione torcente ultima 1034.94 kNm tensione τ 1.87 N/mm^2

Si arma la singola anima con le seguenti staffe:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 120 di 180

\varnothing 14 mm passo 10 cm a 2 braccia

Verifica alle forze di taglio

Quota della fibra baricentrica dal fondo trave 136.03
cm

La σ media per flessione alla fibra baricentrica vale $\sigma = 0.00$
N/mm²

Si ha quindi una σ principale di trazione pari a $\tau = -4.31$
N/mm²

Calcolo della cotangente dell'angolo Θ_1 :
Cotangente $\Theta_1 = \tau/\sigma = 4.31/-4.307 = -1.000$
Inclinazione puntone $\Theta = 45.00^\circ$ cotangente = 1.000
Rapporto $\cotg(\Theta_1)/\cotg(\Theta) = -1.00/1.000 = -1.000 \leq 1$
con
Inclinazione α delle staffe 90°
Spessore minimo dell'anima = 16.00 cm
Tensione ultima dell'acciaio $f_{yd} = 391.30$ N/mm²
Tensione ultima del calcestruzzo $f_{lcd} = 12.93$ N/mm²

Applicado $V_{rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_s / s \cdot f_{yd} \cdot (\cotg\alpha + \cotg\Theta) \cdot \sin\alpha$
si ricerca la resistenza ultima dell'acciaio
Resistenza ultima dell'acciaio $V_{rsd} = 1676.61$ kN
area minima di staffe necessaria = $1366.18 / 1676.6 \cdot 307.88 = 250.88$

Applicado $V_{rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\cotg\alpha + \cotg\Theta) / (1 + \cotg^2\Theta)$
si ricerca la resistenza ultima del calcestruzzo
con σ di compressione = 12.16 N/mm² si ha $\alpha_c = 1.25$
Resistenza ultima del calcestruzzo $V_{rcd} = 1800.03$ kN

Verifica ai momenti torcenti

Area racchiusa dagli assi medi delle anime e delle solette
Area media = $(190.00 + 140.00) / 2 \cdot 210.00 = 34650.00$ cm²

Applicado $T_{rsd} = 2 \cdot A_m \cdot A_s / s \cdot f_{yd} \cdot \cotg\Theta$
si ricerca la resistenza ultima dell'acciaio
Resistenza ultima dell'acciaio $T_{rsd} = 8348.80$ kN
area minima di staffe necessaria = $1034.94 / 8348.80 \cdot 307.88 = 38.17$

Applicado $T_{rcd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \cotg\Theta / (1 + \cotg^2\Theta)$
si ricerca la resistenza ultima del calcestruzzo
Resistenza ultima del calcestruzzo $T_{rcd} = 7170.70$ kN

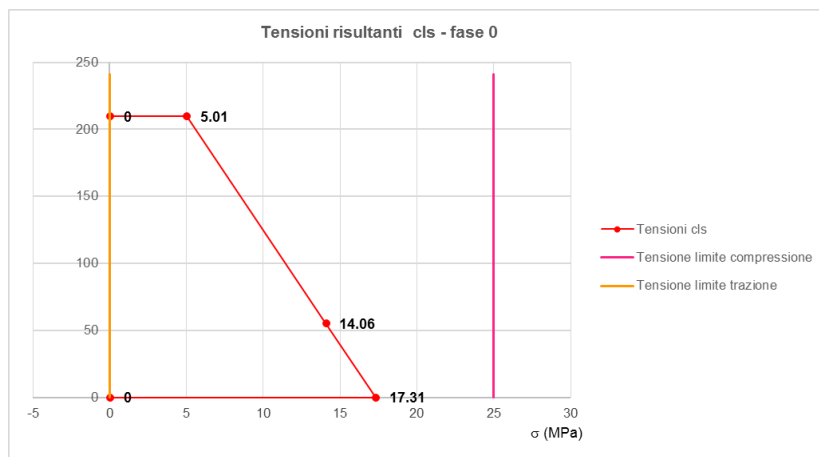
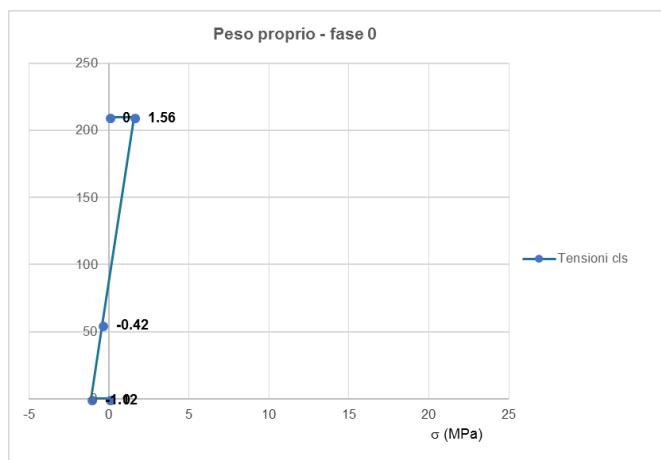
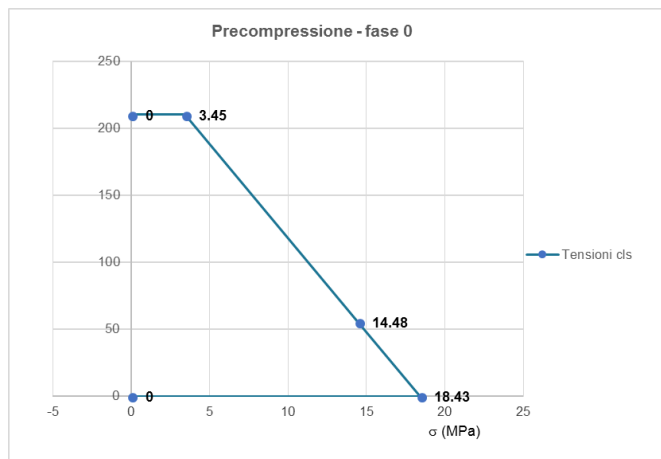
Controllo area staffe
Staffatura minima richiesta $250.88 + 38.17 = 289.05$ mm²
Area staffe effettiva $\varnothing 14 \cdot 2$ braccia = 307.88 mm² > 289.05

Controllo bielle compresse del calcestruzzo

$2732.35 / 1800.03 \cdot 2 + 1034.94 / 7170.70 = 0.90 < 1$ cls verificato

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.02.17.001</td> <td>A</td> <td>121 di 180</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	121 di 180	
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	121 di 180									

Di seguito si riporta l'andamento delle tensioni di esercizio nel calcestruzzo, relative alla sezione in esame, indotte nelle diverse fasi dalle azioni coinvolte.



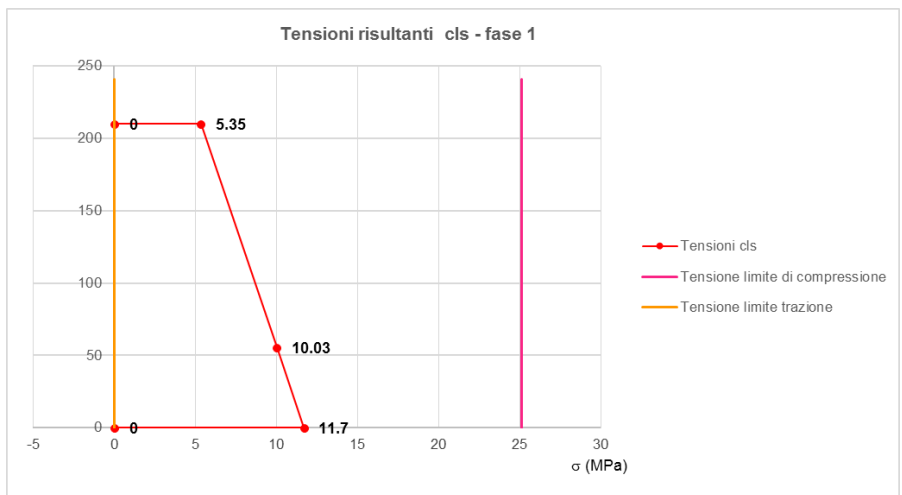
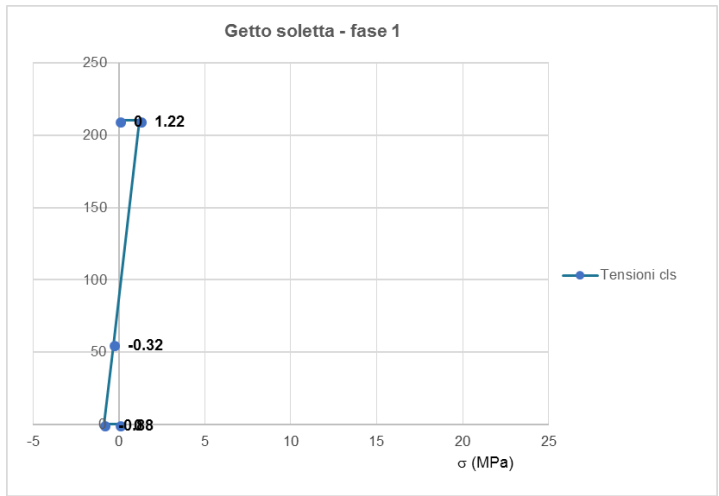
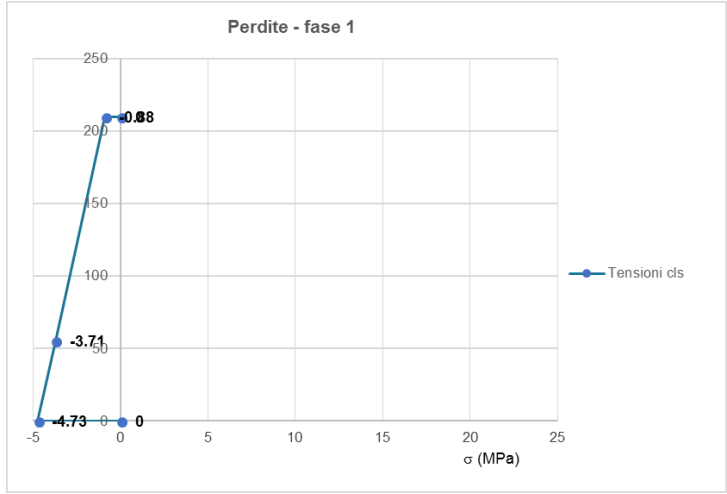
APPALTATORE:
Mandatario: **SALINI IMPREGILO S.p.A.**
Mandante: **ASTALDI S.p.A.**

PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.**
Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI
TRATTA NAPOLI-CANCELLO
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	122 di 180



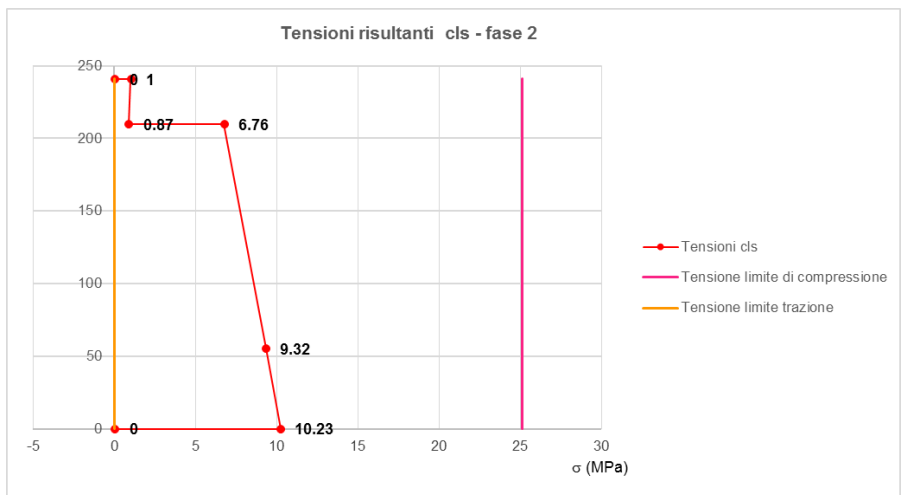
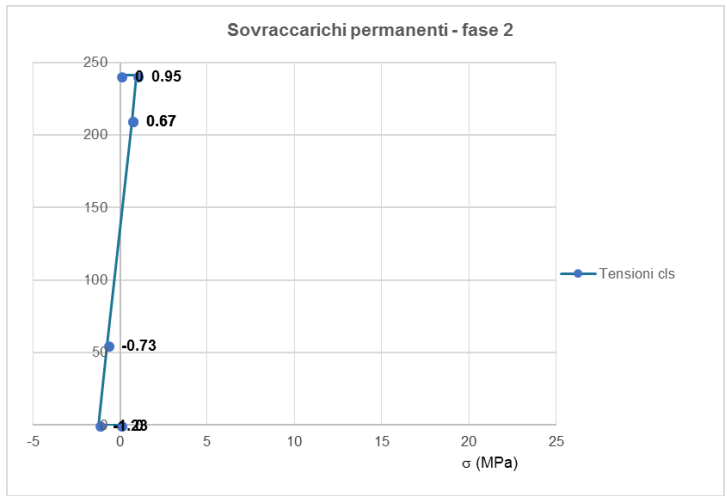
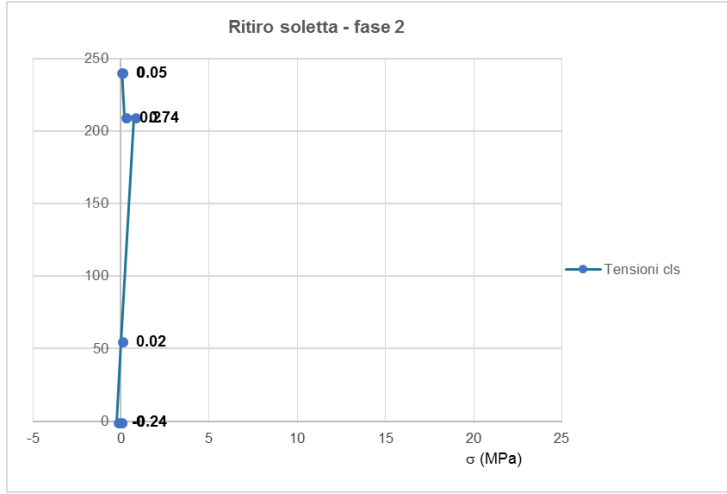
APPALTATORE:
Mandatario: **SALINI IMPREGILO S.p.A.**
Mandante: **ASTALDI S.p.A.**

PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.**
Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI
TRATTA NAPOLI-CANCELLO
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	123 di 180



APPALTATORE:
Mandatario: Mandante:
SALINI IMPREGILO S.p.A. **ASTALDI S.p.A.**

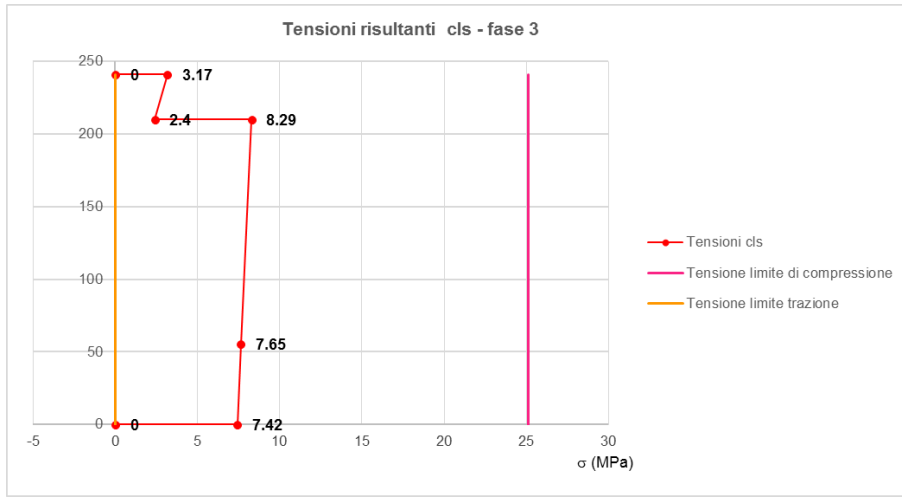
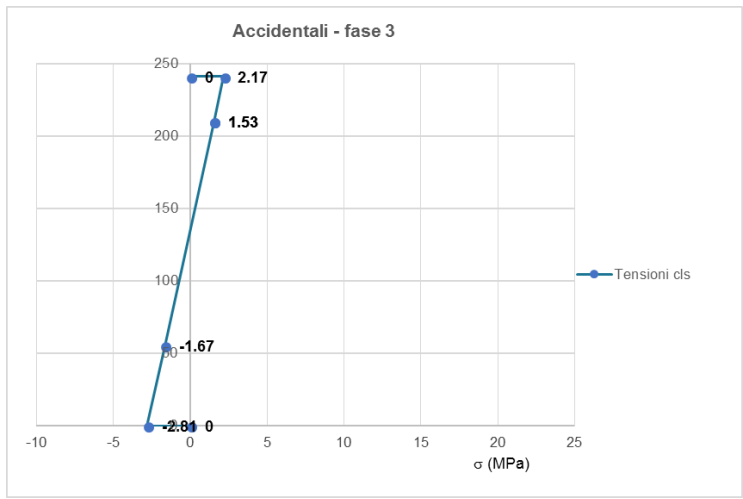
PROGETTISTA:
Mandatario: Mandante:
SYSTRA S.A. **SYSTRA-SOTECNI S.p.A.** **ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO

**IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
 OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
 CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	124 di 180



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 125 di 180

SEZIONE n° 4

Distanza dall'appoggio sinistro m 1.80

Caratteristiche geometriche ed inerziali

Trave isolata	solo cls	cls+cavi
Area	mq 1.1147	1.1633
posiz. baricentro dal fondo	m 0.8971	0.8885
Momento di inerzia	m4 0.5983	0.6398
Modulo di res. sup.	m3 0.4974	0.5281
Modulo di res. inf.	m3 0.6669	0.7201
Modulo di resist. (C)	m3	3.2452

Trave + soletta collaborante		
Area	mq 1.7491	1.7978
posiz. baricentro dal fondo	m 1.3897	1.3708
Momento di inerzia	m4 1.3489	1.3904
Modulo di res. sup. (T)	m3 1.8990	1.9068
Modulo di res. inf. (T)	m3 0.9706	1.0143
Modulo di res. sup. (S)	m3 1.3221	1.3380
Modulo di res. inf. (S)	m3 1.8990	1.9068
Modulo di resist. (C)	m3	2.0464

Area della soletta più eventuali dalles utilizzata per il calcolo dei pesi	mq 1.0633
altezza della trave	cm 210.00
altezza della trave + soletta	cm 241.00
Pos. del baricentro cavi dal fondo	cm 69.14

(T)=moduli di resistenza della trave prefabbricata
(S)=moduli di resistenza della soletta di finitura
(C)=modulo di resistenza al baricentro dei cavi

Armatura di precompressione

Nella sezione in esame sono presenti n° 10 strati di cavi

strato n° 1	8 cavi da 3/5''	a cm 6.00	dal fondo
strato n° 3	8 cavi da 3/5''	a cm 11.00	dal fondo
strato n° 5	8 cavi da 3/5''	a cm 16.00	dal fondo
strato n° 7	2 cavi da 3/5''	a cm 30.00	dal fondo
strato n° 8	2 cavi da 3/5''	a cm 37.00	dal fondo
strato n° 9	24 cavi da 3/5''	a cm 99.50	dal fondo
strato n° 10	6 cavi da 3/5''	a cm 204.00	dal fondo

Per un totale di n° 58 cavi

Armatura lenta longitudinale			
n° 10	barre da 10 mm	a cm 5.00	dal fondo
n° 8	barre da 10 mm	a cm 20.00	dal fondo

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA				
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	126 di 180				

PERDITE DI PRECOMPRESSIONE DOVUTE A RILASSAMENTO, RITIRO, VISCOSITA'

La perdita dovuta a viscosità è indicata per la sezione sottoposta alle sole forze dovute ai carichi permanenti più la precompressione, con la sigma del calcestruzzo calcolata al livello del baricentro dei cavi.

Valore di σ_c al baricentro dei cavi	13.48 N/mm ²
Perdita dovuta a ritiro	61.80 N/mm ²
Perdita dovuta a viscosità	259.39 N/mm ²
Perdita dovuta a rilassamento	33.75 N/mm ²

Caduta di tensione totale calcolata	354.94 N/mm ²

deve essere:

$\sigma_{sp} = 1350.00 - 354.94 = 995.06 < 1336.00$ N/mm ²	
Caduta di tensione totale assunta	354.94 N/mm ²
percentuale di caduta sul valore iniziale	26.29%

La caduta del valore di precompressione da applicare in percentuale alle diverse fasi di carico assume il seguente valore:

P =	-2875.97 kN
braccio per il calcolo dei momenti fasi 1 e 2	19.72 cm
braccio per il calcolo dei momenti fasi 3 e 4	67.94 cm

SOLLECITAZIONI PER RITIRO DIFFERENZIALE.

Le sollecitazioni per ritiro differenziale calcolate con la formula indicata assumono i seguenti valori:

S =	712.17 kN
M =	647.50 kNm

SOLLECITAZIONI DI PRECOMPRESSIONE

Area totale dei trefoli	81.03 cm ²
P =	$81.03 * 1350 / 10 = 10938.51$ kN
M =	$10938.51 * (0.6914 - 0.8885) = -3235.01$ kNm

Le sollecitazioni per le fasi da 1 a 4 sono indicati alle tabelle precedenti.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 127 di 180		

SEZIONE n° 4

Sezione a m 1.80 dall'appoggio

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE

verifica con momenti flettenti positivi da carichi accidentali

Sollecit	Assiale kN	Momenti kNm	σ_{Tinf} N/mm ²	σ_{Tsup} N/mm ²	σ_{Cavi} N/mm ²	σ_{Sinf} N/mm ²	σ_{Ssup} N/mm ²
Scasser.							
Precomp.	10938.51	-2156.67	12.34	5.40	10.05	0.00	0.00
P.propr.		644.70	-0.88	1.20	-0.19	0.00	0.00
totale			11.46	6.60	9.86	0.00	0.00
I Fase							
cadute	-2875.97	567.04	-3.24	-1.42	-2.64	0.00	0.00
totale			8.22	5.18	7.22	0.00	0.00
II Fase							
Get.sol.		502.41	-0.68	0.93	-0.15	0.00	0.00
totale			7.53	6.11	7.06	0.00	0.00
rit.sol.	720.19	654.79	-0.24	0.74	0.08	0.21	0.06
III Fase							
Finiture		758.00	-0.74	0.39	-0.37	0.39	0.56
totale			6.55	7.24	6.78	0.60	0.62
IV Fase							
Acciden.		2151.00	-2.10	1.12	-1.04	1.12	1.59
Tensioni finali			4.45	8.36	5.74	1.72	2.22

La verifica delle tensioni di esercizio per il calcestruzzo risulta soddisfatta.

Verifica delle tensioni finali nei cavi

Applicando la seguente formula si ha:

$\sigma_{tr} = (\sigma_i - \sigma_{cad}) \cdot (1 - \mu \cdot A_f (1/A_c + e^2/I_c)) = 967.40 \text{ N/mm}^2$
con e=baricentro sezione -baricentro trefoli.

La verifica delle tensioni di esercizio per i cavi risulta soddisfatta.

Con carichi accidentali ridotti per la verifica a fessurazione si ha al lembo inferiore $\sigma_{Tinf} = 0.00 \text{ N/mm}^2$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 128 di 180

La verifica di fessurazione risulta soddisfatta.

N.B. Le σ negative indicano tensioni di trazione
 σ_T = sollecitazioni della trave c.a.p.
 σ_S = sollecitazioni delle fibre della soletta
 σ_{Cavi} = sollecitazioni del cls al baricentro dei cavi

Con i carichi adottati per il calcolo agli SLU si ha:
al lembo inferiore $\sigma_{Tinf} = 0.00 \text{ N/mm}^2$
al lembo superiore $\sigma_{Tsup} = 0.00 \text{ N/mm}^2$

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI - SLU

Verifica a pressoflessione

Tensioni di calcolo

Acciaio armonico: $f_{yd} = 1860 / 1.15 = 1617.39 \text{ N/mm}^2$
Calc. soletta : $f_{cd} = 0.47 * 40.00 = 18.80 \text{ N/mm}^2$

Area armature situate in zona tesa: 39.12 cm^2
Baricentro armature tese: 14.21 cm
Sforzo di trazione ultimo nell'acciaio:
 $39.12 * 1617.39 / 10000 = 6326.59 \text{ kN}$

Altezza rettangolo resistente equivalente:
 $6326.59 / (18.80 * 241.00 * 0.8) = 17.45 \text{ cm}$
Braccio forze interne:
 $241.00 - 17.45 / 2 - 14.21 = 218.06 \text{ cm}$

Momento di rottura = $6326.59 * 218.06 / 100 = 13795.66 \text{ kNm}$

Per la ricerca del valore dei momenti esterni si fattorizzano i momenti trovati per la condizione di SLE.

Momento SLU = 5690.85 kNm

Coeff. di sicurezza = $13795.66 / 5690.85 = 2.424$

A favore di sicurezza si trascura il contributo delle armature lente aggiuntive poste nella zona inferiore della trave.

Verifica a taglio e torsione della sezione a m 1.80 dall'appoggio

Con i valori dei carichi fattorizzati si ha:

Sollecitazione di taglio ultimo 3051.16 kN con tensione τ 4.74 N/mm^2

per singola anima = $TU/2 = 1525.58 \text{ kN}$

Sollecitazione torcente ultima 1098.55 kNm tensione τ 1.98 N/mm^2

Si arma la singola anima con le seguenti staffe:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	129 di 180

\varnothing 16 mm passo 10 cm a 2 braccia

Verifica alle forze di taglio

Quota della fibra baricentrica dal fondo trave 137.08
cm

La σ media per flessione alla fibra baricentrica vale $\sigma = 0.00$
N/mm²

Si ha quindi una σ principale di trazione pari a $\tau = -4.74$
N/mm²

Calcolo della cotangente dell'angolo θ_1 :

Cotangente $\theta_1 = \tau/\sigma$ 4.74/-4.738 = -1.000

Inclinazione puntone $\theta = 45.00^\circ$ cotangente = 1.000

Rapporto $\cotg(\theta_1)/\cotg(\theta)$ -1.00/ 1.000 = -1.000 ≤ 1

con

Inclinazione α delle staffe 90°

Spessore minimo dell'anima = 16.00 cm

Tensione ultima dell'acciaio f_{yd} = 391.30 N/mm²

Tensione ultima del calcestruzzo f_{lcd} = 12.93 N/mm²

Applicado $V_{rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_s / s \cdot f_{yd} \cdot (\cotg\alpha + \cotg\theta) \cdot \sin\alpha$

si ricerca la resistenza ultima dell'acciaio

Resistenza ultima dell'acciaio $V_{rsd} = 1994.85$ kN

area minima di staffe necessaria = $1525.58 / 1994.9 \cdot 402.12 = 307.52$

Applicado $V_{rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\cotg\alpha + \cotg\theta) / (1 + \cotg^2\theta)$

si ricerca la resistenza ultima del calcestruzzo

con σ di compressione = 9.40 N/mm² si ha $\alpha_c = 1.25$

Resistenza ultima del calcestruzzo $V_{rcd} = 1639.74$ kN

Verifica ai momenti torcenti

Area racchiusa dagli assi medi delle anime e delle solette

Area media = $(190.00 + 140.00) / 2 \cdot 210.00 = 34650.00$ cm²

Applicado $T_{rsd} = 2 \cdot A_m \cdot A_s / s \cdot f_{yd} \cdot \cotg\theta$

si ricerca la resistenza ultima dell'acciaio

Resistenza ultima dell'acciaio $T_{rsd} = 10904.55$ kN

area minima di staffe necessaria = $1098.55 / 10904.55 \cdot 402.12 = 40.51$

Applicado $T_{rcd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \cotg\theta / (1 + \cotg^2\theta)$

si ricerca la resistenza ultima del calcestruzzo

Resistenza ultima del calcestruzzo $T_{rcd} = 7170.70$ kN

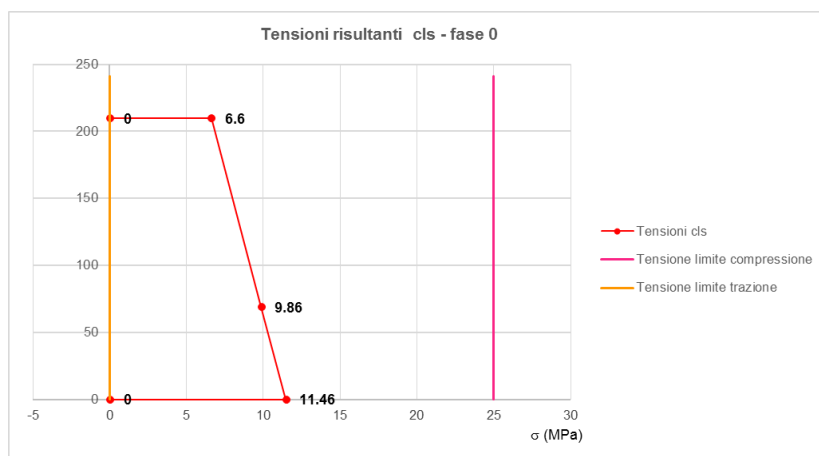
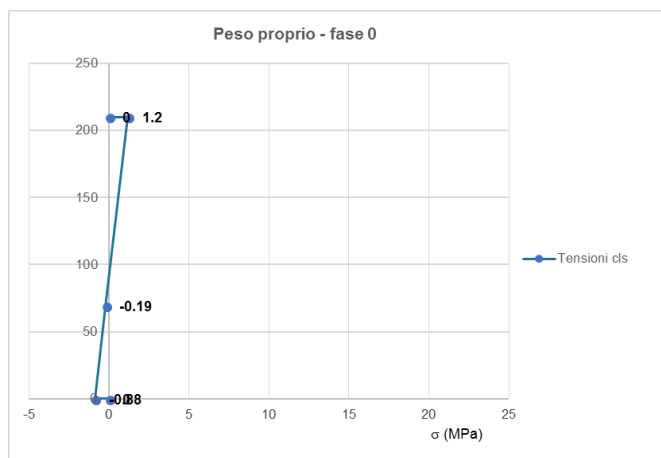
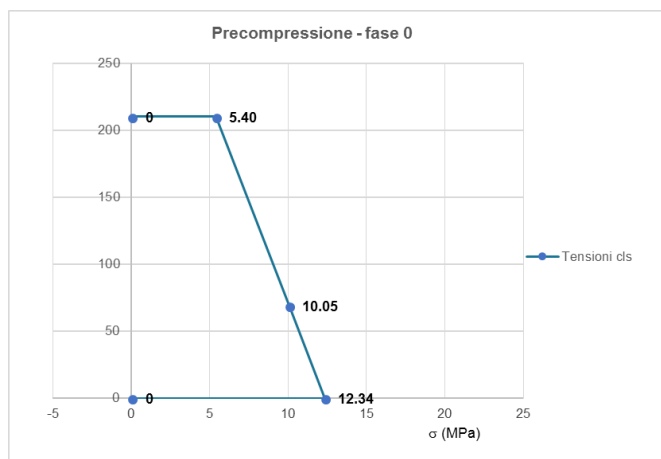
Controllo area staffe

Staffatura minima richiesta $307.52 + 40.51 = 348.03$ mm²

Area staffe effettiva $\varnothing 16 \cdot 2$ braccia = 402.12 mm² > 348.03

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.02.17.001</td> <td>A</td> <td>130 di 180</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	130 di 180	
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	130 di 180									

Di seguito si riporta l'andamento delle tensioni di esercizio nel calcestruzzo, relative alla sezione in esame, indotte nelle diverse fasi dalle azioni coinvolte.



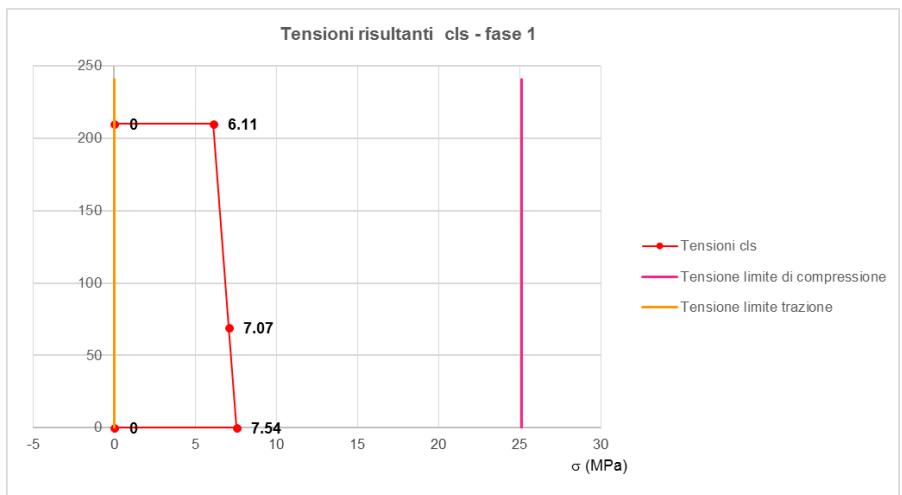
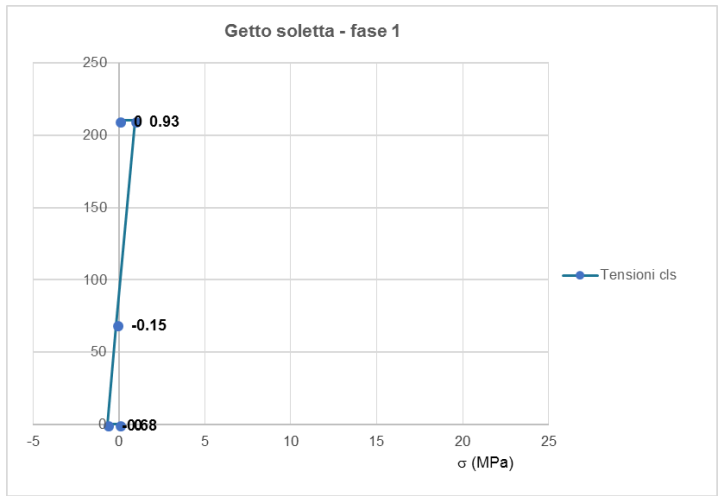
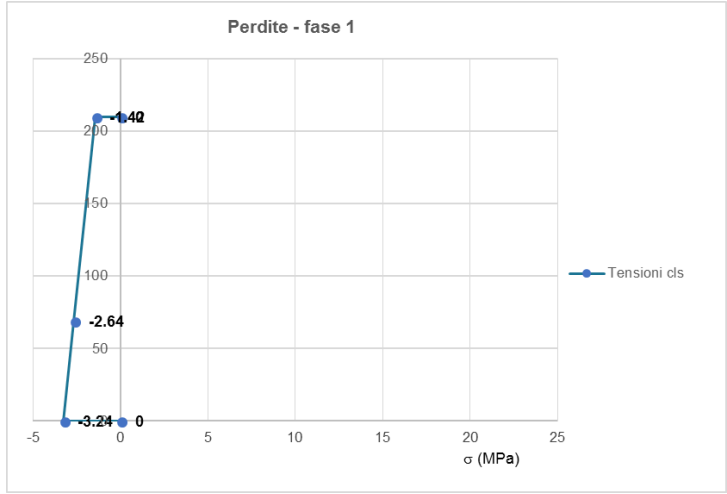
APPALTATORE:
Mandatario: **SALINI IMPREGILO S.p.A.**
Mandante: **ASTALDI S.p.A.**

PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.**
Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI
TRATTA NAPOLI-CANCELLO
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	131 di 180



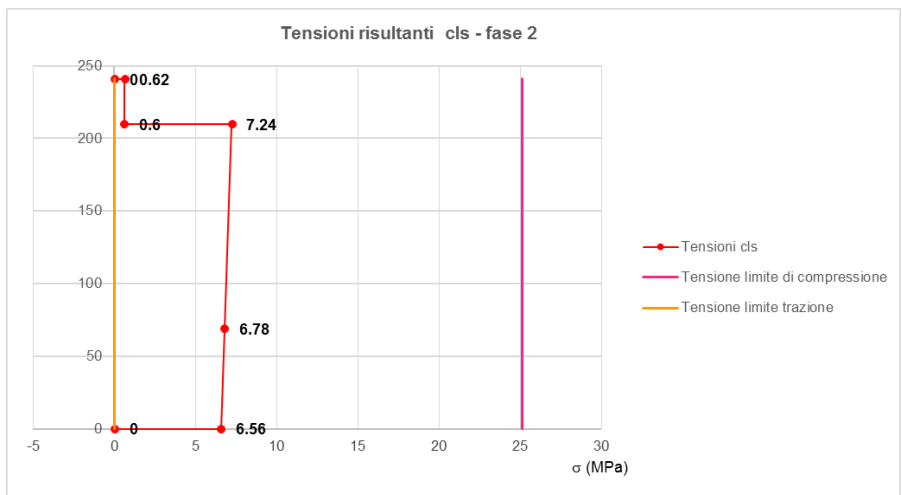
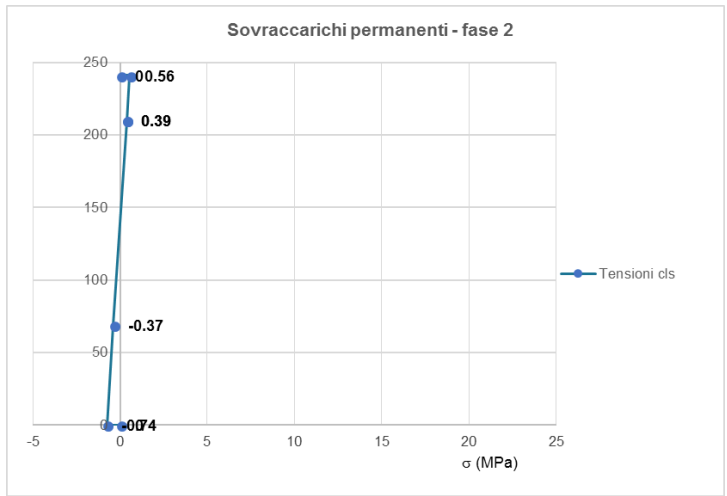
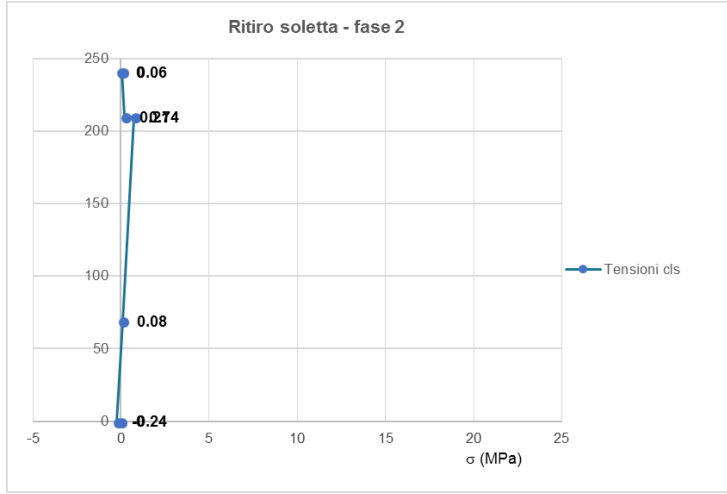
APPALTATORE:
Mandatario: **SALINI IMPREGILO S.p.A.** Mandante: **ASTALDI S.p.A.**

PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.** Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A.** **ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI
TRATTA NAPOLI-CANCELLO
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	132 di 180



APPALTATORE:
Mandatario: **SALINI IMPREGILO S.p.A.** Mandante: **ASTALDI S.p.A.**

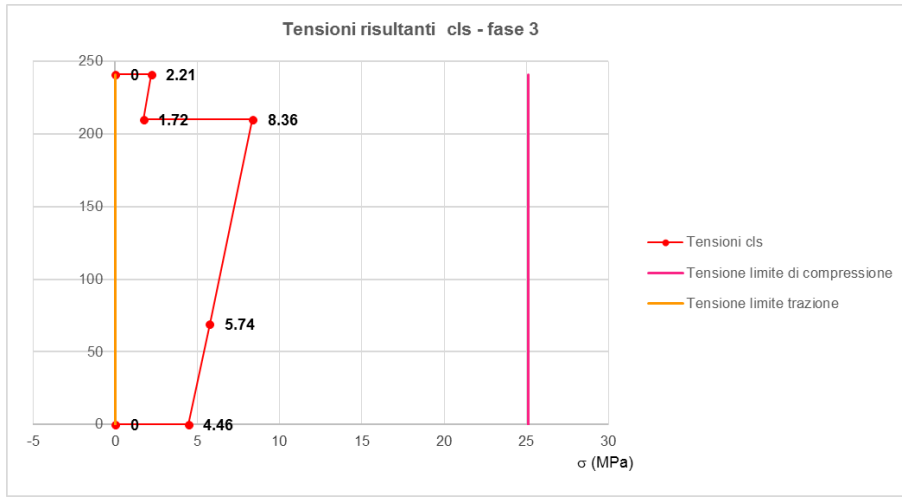
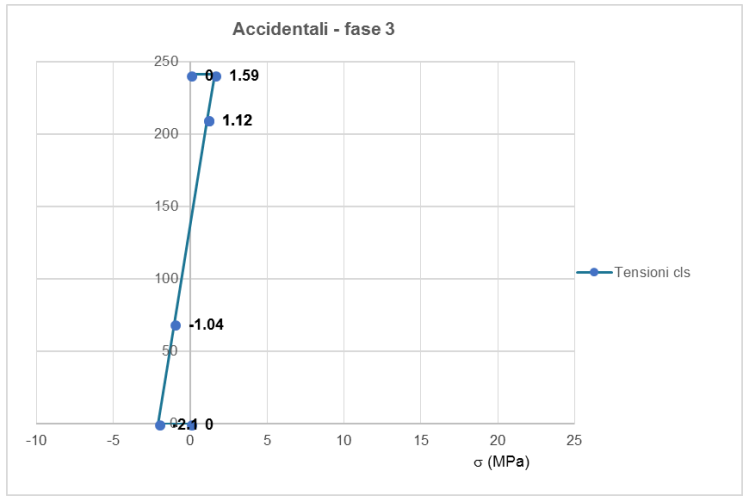
PROGETTISTA:
Mandatario: **SYSTRA S.A.** Mandante: **SYSTRA-SOTECNI S.p.A.** **ROCKSOIL S.p.A.**

PROGETTO ESECUTIVO
Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo

LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO

**IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE
 OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI
 CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	133 di 180



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 134 di 180

SEZIONE DI APPOGGIO

Verifica a taglio e torsione (SLU) nella sezione di appoggio.

Con i carichi fattorizzati per le verifiche agli Stati Limite Ultimi si hanno all'appoggio i seguenti valori di sollecitazione.

Sollecitazione di taglio ultimo 3501.30 kN
Sollecitazione di momento torcente ultimo 1090.00 kNm
Si ha
Larghezza totale della sezione di appoggio 70.00 cm
Inclinazione puntone 45° cotg = 1.000
Inclinazione delle staffe 90° sen = 1.000
Tensione ultima dell'acciaio $f_{yd} = 391.30 \text{ N/mm}^2$
Tensione ultima del calcestruzzo $f_{lcd} = 12.93 \text{ N/mm}^2$
Staffatura totale nella sezione $\varnothing 16 \text{ mm}$ passo 10 cm a 6 braccia

Verifica a taglio

Applicado $V_{rds} = 0.9 \cdot d \cdot A_s / s \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$
si ricerca la resistenza ultima dell'acciaio
Resistenza ultima dell'acciaio $V_{rds} = 5984.56 \text{ kN}$
area minima di staffe necessaria = $3501.30 / 5984.56 \cdot 402.12 = 235.26$

Applicado $V_{rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b \cdot f'_{cd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta)$
si ricerca la resistenza ultima del calcestruzzo
Resistenza ultima del calcestruzzo $V_{rcd} = 5739.09 \text{ kN}$

Verifica ai momenti torcenti

Area racchiusa dagli assi medi delle anime e delle solette
Area media = $(190.00 + 140.00) / 2 \cdot 210.00 = 34650.00 \text{ cm}^2$

Applicado $T_{rds} = 2 \cdot A_m \cdot A_s / s \cdot f_{yd} \cdot \cot \theta$
si ricerca la resistenza ultima dell'acciaio
Resistenza ultima dell'acciaio $T_{rds} = 10904.55 \text{ kN}$
area minima di staffe necessaria = $1090.00 / 10904.55 \cdot 402.12 = 40.20$

Applicado $T_{rcd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \cot \theta / (1 + \cot^2 \theta)$
si ricerca la resistenza ultima del calcestruzzo
Resistenza ultima del calcestruzzo $T_{rcd} = 15685.91 \text{ kN}$

Controllo area staffe
Staffatura minima richiesta $235.26 + 40.20 = 275.46 \text{ mm}^2$
Area staffe effettiva $\varnothing 16 \cdot 2 \text{ braccia} = 402.12 \text{ mm}^2 > 275.46$

Controllo bielle compresse del calcestruzzo

$3501.30 / 5739.09 \cdot 2 + 1090.00 / 15685.91 = 0.38 < 1$ cls verificato

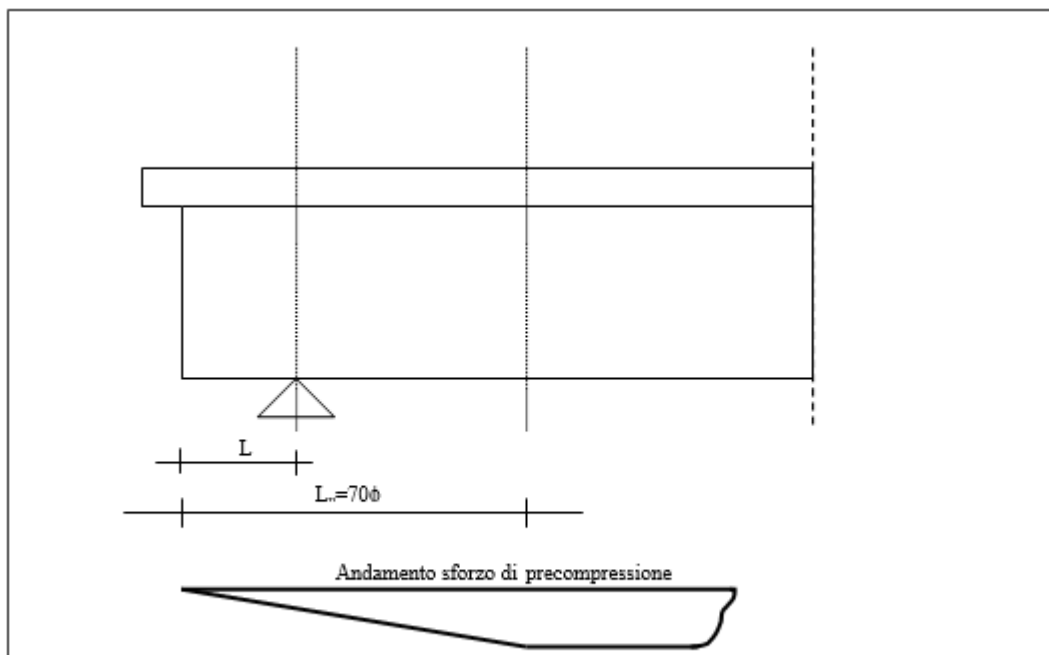
ARMATURA INFERIORE LONGITUDINALE AGGIUNTIVA ALL'APPOGGIO

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 135 di 180

Valore del taglio totale	3501.30 kN
Numero di trefoli nel bulbo inferiore	n = 28
Numero di trefoli totali	n = 58
Forza nel bulbo dovuta alla precompressione	N = 3872.77 KN
Coefficiente di riduzione forza di precompressione	50%
Forza risultante precompressione bulbo	N* = 1936.39 KN

Area necessaria di barre aggiuntive $(3501.30 - 1936.39) / 391.30 * 10$
= 39.99 cm²

Si dispongono n° 10 barre $\phi 24$ all'appoggio.



Andamento dello sforzo di precompressione

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A 136 di 180

10.1.3 Verifica delle testate

Nel successivi paragrafi si analizza lo stato di tensione indotto dal rilascio dei trefoli nella zona di testata del cassone del viadotto a doppio binario su luce di 25.00 m.

Allo scopo di ridurre lo sforzo di precompressione in testata e di limitare le sollecitazioni locali che si manifestano nella zona di diffusione della precompressione vengono neutralizzati 9+9 trefoli. L'armatura pretesa, nel tratto compreso tra la testata ed una sezione posta a circa 1.07m dalla testata stessa (pari a 70 volte il diametro dei trefoli), è composta da 58 trefoli da 0.6" ($A_p=1.39\text{cm}^2$) e quella corrente da 76 trefoli da 0.6".

1.1.1.1 Verifica delle tensioni tangenziali

Si esibisce di seguito il calcolo della forza di scorrimento anme trave - bulbo inferiore conformemente con quanto prescritto nella normativa.

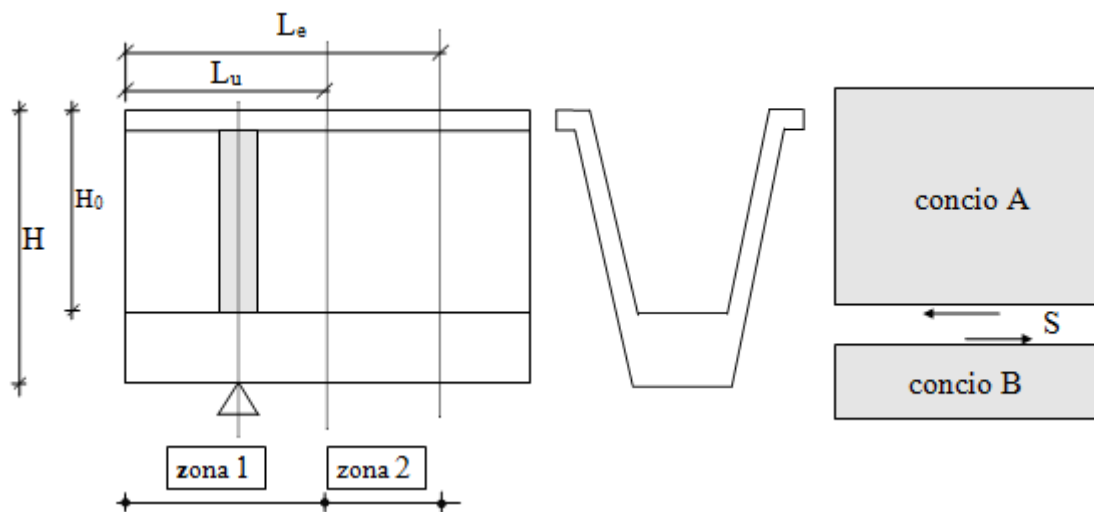


Figura 45: Individuazione delle lunghezze di introduzione (L_e) e di trasferimento (L_u)

L_u = lunghezza di trasferimento = $70 \phi = 107 \text{ cm}$; con ϕ pari al diametro massimo del trefolo

L_e = lunghezza di introduzione = $35 \phi + H_0 = 236 \text{ cm}$; con H_0 altezza della nervatura ($H_0 = 183 \text{ cm}$)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 137 di 180

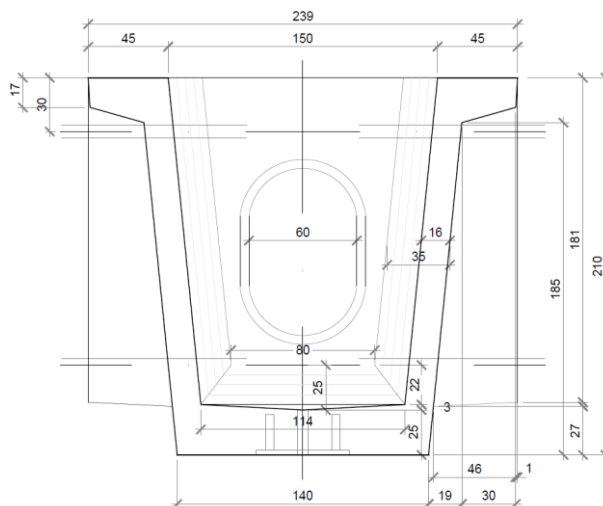


Figura 46: Sezione trave a 236cm dal bordo esterno

Con riferimento alla Figura riportata all'inizio del paragrafo è possibile scrivere le equazioni di equilibrio alla traslazione in direzione longitudinale del concio A e del concio B, ottenuti isolando la testata della trave in corrispondenza di una sezione ubicata ad una distanza dalla testata pari alla lunghezza di introduzione L_e .

Il valore della forza di scorrimento S in prossimità della sezione di attacco tra le anime e il bulbo inferiore della trave è pari a:

$$S = R_{Ca} - F_i$$

in cui F_i è la risultante della precompressione nel bulbo inferiore, mentre R_{Ca} è la risultante delle tensioni normali nel calcestruzzo, nel concio A, calcolate ad una distanza L_e dal bordo esterno della trave.

Il valore della forza di scorrimento S così determinata genera la seguente tensione tangenziale media:

$$\tau_{med} = S/A_T \quad (\text{dove } A_T \text{ è l'area della sezione orizzontale delle anime nel tratto } L_e).$$

Il valore della tensione tangenziale con cui effettuare le verifiche è pari a:

$$\tau_{max} = 1.2 \times \tau_{med}.$$

La verifica delle tensioni tangenziali è condotta considerando l'effetto dei 58 trefoli che partono dalla testata (di questi, 28 sono collocati nel bulbo inferiore della trave).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 138 di 180

Calcolo della risultante della precompressione nel bulbo inferiore

La risultante relativa ai trefoli ubicati nel bulbo vale:

$$F_i = N_{trB} \times A_{tr} \times \sigma_p$$

Dove:

$$N_{trB} = 28 \quad (\text{numero di trefoli del bulbo inferiore della trave})$$

$$A_{tr} = 139 \text{ mm}^2 \quad (\text{area del singolo trefolo})$$

$$\sigma_{spi} = 1350 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{tensione iniziale di tesatura})$$

Risulta pertanto che la risultante della precompressione nel bulbo inferiore della trave è pari a:

$$F_i = 28 \times 139 \times 1350/1000 = 5254 \text{ kN}$$

Caratteristiche geometriche della nervatura

$A_{idA(1)}=0.70 \text{ m}^2$; area nervature

$y_{nA(1)}=1.33 \text{ m}$; distanza baricentro area nervature da intradosso trave

Calcolo della tensione normale risultante nel calcestruzzo

Per il calcolo delle risultanti delle tensioni normali si considera lo stato tensionale dovuto alla precompressione indotta dai 58 trefoli e agente sulla sezione posta alla distanza di 2.36 m dal bordo trave ($\cong L_e$). Tale stato è definito da un diagramma di tensioni normali nel quale si ha:

$$\sigma_s=3.45\text{N/mm}^2 \quad (\text{estradosso})$$

$$\sigma_i=18.43\text{N/mm}^2 \quad (\text{intradosso})$$

Sulla base di tale diagramma si ricava:

$$\sigma_{(YnA)}=8.94\text{N/mm}^2; \text{ tensione normale nel baricentro della nervatura}$$

da cui:

$$R_{Ca} = \sigma_{(YnA)} \times A_{nervatura} = 8.94 \times 0.70 \times 10^3 = 6260 \text{ kN}; \text{ risultante delle tensioni normali nel concio A}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 139 di 180

Sforzo di scorrimento

Lo sforzo di scorrimento bulbo/zona superiore è dato dall'espressione:

$$S = 6260 \text{ kN} - 5254 \text{ kN} = 1006 \text{ kN}$$

Lo scorrimento si esercita su un'area (sezione orizzontale dell'area di contatto concio A-concilio B relativa al tratto che va dall'estremità della trave a 2.36m dal bordo trave) pari a:

$$A_T = 0.682 \text{ m}^2$$

Si ha pertanto:

$$\tau_{\text{med}} = 1006 / 0.682 / 1000 = 1.48 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\text{max}} = 1.2 \times \tau_{\text{med}} = 1.77 \text{ N/mm}^2$$

Deve risultare:

$$\tau_{\text{max}} \leq \tau_{c1}(R_{ckj}) \Rightarrow \tau_{\text{max}} = 1.77 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_{c1}(R_{ckj}) = 5.79 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

Le caratteristiche di resistenza del calcestruzzo all'atto del tiro sono riportate nel prospetto di seguito:

Proprietà meccaniche all'atto del tiro		
Resistenza cilindrica caratteristica cls all'atto del tiro	f_{ckj}	41.66 N/mm ²
Resistenza cubica caratteristica cls all'atto del tiro	R_{ckj}	50.19 N/mm ²
Resistenza a trazione caratteristica cls all'atto del tiro	f_{ctkj}	2.57 N/mm ²
Resistenza di aderenza cls all'atto del tiro	τ_{Rckj}	5.79 N/mm ²

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	140 di 180

1.1.1.2 Fenomeno di "BURSTING"

Si procede di seguito al calcolo dell'armatura trasversale in corrispondenza delle testate delle travi, al fine di evitare fenomeni fessurativi legati alle tensioni di trazione, o 'bursting stresses', relative al trasferimento della forza di precompressione sul calcestruzzo. Tale armatura è da ripartire su una lunghezza di $0,5-0,7 L_u$, essendo L_u pari alla lunghezza di trasferimento ($= 70\phi$, con ϕ pari al diametro massimo del trefolo), a partire dalle estremità dei trefoli. Si ricorda che per un singolo gruppo di trefoli le forze di fenditura dei fili interni si elidono vicendevolmente e, in tal modo, il contributo allo sforzo di fenditura è offerto solo dai trefoli esterni.

Nel caso di un gruppo di trefoli che presenta un massimo di tre fili sul perimetro esterno la forza complessiva di fenditura vale:

$$F=3 \times Z_s$$

in cui Z_s , forza di fenditura del singolo trefolo, vale:

$$Z_s=1.5 \times (0.25 \times P_{barra})$$

con:

$$P_{barra}= A_{tr} \times \sigma_{spi}$$

con σ_{spi} pari alla massima tensione nei cavi al momento del rilascio.

Nota la forza complessiva di fenditura, si ricava l'armatura A_a necessaria ad assorbire tale sforzo, assumendo la tensione σ_a pari a 220N/mm^2 per limitare le fessurazioni e facilitare l'ancoraggio:

$$A_a = F / \sigma_a$$

Le grandezze sopra citate sono valutate nel prospetto riportato di seguito:

FENOMENO DI 'BURSTING'		
Diametro nominale trefoli	ϕ	15.2 mm
Lunghezza di trasferimento	L_u	1067 mm
Area singolo trefolo	A_{tr}	139 mm ²
Tensione iniziale di tesatura	σ_{spi}	1350 N/mm ²
Trazione iniziale trefolo	P_{barra}	187.65 kN
Forza di fenditura singolo trefolo	Z_s	70.37 kN
Numero fili sul perimetro esterno	n	3 -
Forza complessiva di fenditura	F	211.11 kN
Tensione di fenditura	σ_a	220 N/mm ²
Armatura trasversale di calcolo	A_a	9.60 cm ²
Lunghezza di ripartizione armatura	L_a	75 cm

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 141 di 180

Sulla base dei calcoli sopra riportati, si utilizzano staffe $\phi 10/10$ da distribuire su una lunghezza:

$$L = 0.7 \times L_u = 0.7 \times 70\phi \cong 80 \text{ cm per i trefoli che partono dalla testata.}$$

$L_{(2)} = 0.7 \times L_u = 0.7 \times 70\phi \cong 80 \text{ cm per i 9+9 trefoli che partono dalla sezione } L=260\text{cm dalla testata}$

1.1.1.3 Fenomeno di "SPALLING"

Si procede di seguito al calcolo dell'armatura trasversale in corrispondenza di zone marginali delle testate delle travi, al fine di evitare fenomeni fessurativi legati a tensioni di trazione di bordo, o 'spalling stresses', relative alla diffusione della precompressione sul calcestruzzo.

Il valore della forza di spalling F_{sp} si può esprimere, in funzione dell'eccentricità specifica e/H , mediante la seguente formula:

$$F_{sp} = \frac{0.015P}{1 - \sqrt{2e/H}} \cong 0.03P$$

nella quale "P" è lo sforzo totale di precompressione e vale:

$$P = n_{tr} \times A_{tr} \times \sigma_{spi}$$

Si ha pertanto:

$$F_{sp} = 0.03 \times P$$

La forza F_{sp} è assorbita da un'armatura A_a posta in prossimità della testata della trave, ricavata assumendo la tensione σ_a pari a 220 N/mm^2 :

$$A_a = F_{sp} / \sigma_a$$

Le grandezze sopra citate sono valutate nel prospetto riportato di seguito:

FENOMENO DI 'SPALLING'		
Diametro nominale trefoli	ϕ	15.2 mm
Area singolo trefolo	A_{tr}	139 mm ²
Tensione iniziale di tesatura	σ_{spi}	1350 N/mm ²
Trazione iniziale trefolo	P_{barra}	187.65 kN
Numero trefoli	n_{tr}	58 -
Trazione totale trefoli	P	10883.7 kN
Forza di spalling	F_{sp}	326.51 kN
Tensione	σ_a	220 N/mm ²
Armatura trasversale di calcolo	A_a	14.84 cm ²

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 142 di 180

1.1.1.4 Fenomeno di "SPREADING"

Si procede di seguito al calcolo dell'armatura trasversale in corrispondenza delle testate delle travi, al fine di evitare fenomeni fessurativi legati alle tensioni di trazione in direzione ortogonale al cavo, relative alla diffusione ("spreading") della forza di precompressione sul calcestruzzo secondo traiettorie inclinate rispetto all'asse del cavo di precompressione di un angolo pari a β che può essere considerato uguale a 34° . Tale armatura è da ripartire su una lunghezza pari alla lunghezza di diffusione.

La forza totale T che deve provvedere ad assorbire l'armatura trasversale da calcolare è funzione dello scorrimento S calcolato in precedenza.

Per la totalità dei trefoli che partono dalla testata risulta che la forza T è pari a:

$$T = S \times \tan\beta$$

La forza T è assorbita da un'armatura A_a posta in prossimità della testata della trave, ricavata assumendo la tensione σ_a pari a 220 N/mm^2 :

$$A_a = T / \sigma_a$$

da distribuire sulla lunghezza L:

$$0 < L < L_e$$

con:

L_e = lunghezza di introduzione (distanza dalla testata alla quale il diagramma delle tensioni nel calcestruzzo ha un andamento lineare) = $35 \phi + H_0$; calcolata in precedenza.

Le grandezze sopra citate sono valutate nel prospetto riportato di seguito:

FENOMENO DI 'SPREADING'		
Diametro nominale trefoli	ϕ	15.2 mm
Area singolo trefolo	A_{tr}	139 mm ²
Tensione iniziale di tesatura	σ_{spi}	1350 N/mm ²
Numero trefoli del bulbo inferiore	n_{tr_bulbo}	28 -
Precompressione risultante trefoli nel bulbo infer.	F_{pr}	5254.2 kN
Tensione normale nel baricentro della nervatura	σ_n	8.94 N/mm ²
Area della nervatura	A_A	700000 mm ²
Risultanti delle tensioni normali nella nervatura	R_A	6258.00 kN
Forza di scorrimento	S	1003.80 kN
Inclinazione traiettoria di diffusione	β	0.593 rad
Tangente dell'angolo di diffusione	$\tan\beta$	0.67 -
Forza totale staffatura	T	677.07 kN
Tensione	σ_a	220 N/mm ²
Armatura trasversale di calcolo	A_a	30.78 cm ²

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	143 di 180

Distanza tra il bulbo inf. e il lembo superiore della trave	H ₀	183 cm
Lunghezza di introduzione (distribuzione armatura)	L _e	236 cm

1.1.1.5 *Calcolo delle armature a staffe*

Nella zona compresa tra la testata e l'appoggio l'area di staffe necessaria è legata al solo fenomeno di "spreading" e vale:

$$A_{1,St} = A_{a_spreading} / L_e = 30.78 / 2.36 = 13 \text{ cm}^2/\text{m}$$

In appoggio si ha:

$$A_{2,St} = A_{1,St} + A_E$$

in cui A_E è l'area di staffe necessaria ad assorbire il taglio dei carichi esterni ed è uguale a:

$$A_E = \tau_e \times b / \sigma_a = 55 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Nel calcolo precedente la tensione σ_a è stata assunta uguale a 195N/mm² per tener conto di eventuali fenomeni di fatica.

Risulta pertanto:

$$A_{2,St} = 70 \text{ cm}^2/\text{m}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 144 di 180

10.2 TRAVERSI

10.2.1 Sollecitazioni agenti e verifiche

Si riportano di seguito le sollecitazioni flettenti e di taglio indotte nei traveri, e le rispettive verifiche eseguite sulla sezione più critica.

SEZIONE VERIFICA TRASVERSO

Caratteristiche geometriche ed inerziali

Trave isolata	solo cls	cls+cavi
Area	mq 0.6300	0.6417
posiz. baricentro dal fondo	m 0.9000	0.8991
Momento di inerzia	m ⁴ 0.1701	0.1835
Modulo di res. sup.	m ³ 0.1890	0.2037
Modulo di res. inf.	m ³ 0.1890	0.2041
Modulo di resist. (C)	m ³	3.7391

Trave + soletta collaborante		
Area	mq 1.2596	1.2713
posiz. baricentro dal fondo	m 1.4098	1.4047
Momento di inerzia	m ⁴ 0.5007	0.5142
Modulo di res. sup. (T)	m ³ 1.2833	1.3006
Modulo di res. inf. (T)	m ³ 0.3552	0.3660
Modulo di res. sup. (S)	m ³ 0.7946	0.8093
Modulo di res. inf. (S)	m ³ 1.2833	1.3006
Modulo di resist. (C)	m ³	0.9270

Area della soletta più eventuali dalles utilizzata per il calcolo dei pesi	mq 0.7200
altezza della trave	cm 180.00
altezza della trave + soletta	cm 204.00
Pos. del baricentro cavi dal fondo	cm 85.00

(T)=moduli di resistenza della trave prefabbricata
(S)=moduli di resistenza della soletta di finitura
(C)=modulo di resistenza al baricentro dei cavi

Armatura di precompressione

Nella sezione in esame sono presenti n° 2 strati di cavi

strato n° 1	7 cavi da 3/5''	a cm 20.00	dal fondo
strato n° 2	7 cavi da 3/5''	a cm 150.00	dal fondo

Per un totale di n° 14 cavi

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 145 di 180

PERDITE DI PRECOMPRESSIONE DOVUTE A RILASSAMENTO, RITIRO, VISCOSITA'

La perdita dovuta a viscosità è indicata per la sezione sottoposta alle sole forze dovute ai carichi permanenti più la precompressione, con la sigma del calcestruzzo calcolata al livello del baricentro dei cavi.

Valore di σ_c al baricentro dei cavi	5.01 N/mm ²
Perdita dovuta a ritiro	61.80 N/mm ²
Perdita dovuta a viscosità	96.53 N/mm ²
Perdita dovuta a rilassamento	33.75 N/mm ²

Caduta di tensione totale calcolata	192.08 N/mm ²

deve essere:

$\sigma_{sp} = 1350.00 - 192.08 = 1157.92 < 1336.00$ N/mm ²	
Caduta di tensione totale assunta	192.08 N/mm ²
percentuale di caduta sul valore iniziale	14.23%

La caduta del valore di precompressione da applicare in percentuale alle diverse fasi di carico assume il seguente valore:

P =	-375.67 kN
braccio per il calcolo dei momenti fasi 1 e 2	4.91 cm
braccio per il calcolo dei momenti fasi 3 e 4	55.47 cm

SOLLECITAZIONI PER RITIRO DIFFERENZIALE.

Le sollecitazioni per ritiro differenziale calcolate con la formula indicata assumono i seguenti valori:

S =	0.00 kN
M =	0.00 kNm

SOLLECITAZIONI DI PRECOMPRESSIONE

Area totale dei trefoli	19.56 cm ²
P =	19.56 * 1350 / 10 = 2640.33 kN
M =	2640.33 * (0.8500 - 0.8991) = -194.40 kNm

Le sollecitazioni per le fasi da 1 a 4 sono indicati alle tabelle precedenti.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 146 di 180

SEZIONE n° 1

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE

Sollecit	Assiale kN	Momenti kNm	σ_{Tinf} N/mm ²	σ_{Tsup} N/mm ²	σ_{Cavi} N/mm ²	σ_{Sinf} N/mm ²	σ_{Ssup} N/mm ²
Scasser. Precomp. P.propr. totale	2640.33	-129.60 70.88	4.75 -0.35 4.40	3.48 0.35 3.83	4.15 -0.02 4.13	0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00
I Fase cadute totale	-375.67	18.44	-0.68 3.73	-0.49 3.33	-0.59 3.54	0.00 0.00	0.00 0.00
II Fase Get.sol. totale		81.00	-0.40 3.33	0.40 3.73	-0.02 3.52	0.00 0.00	0.00 0.00
III Fase Finiture totale		-840.00	2.29 5.62	-0.65 3.08	0.91 4.42	-0.65 -0.65	-1.04 -1.04
IV Fase Acciden.		900.00	-2.46	0.69	-0.97	0.69	1.11
Tensioni finali			3.17	3.77	3.45	0.05	0.07

La verifica delle tensioni di esercizio per il calcestruzzo risulta soddisfatta.

Verifica delle tensioni finali nei cavi

Applicando la seguente formula si ha:

$$\sigma_{tr} = (\sigma_i - \sigma_{cad}) \cdot (1 - \mu \cdot A_f (1/A_c + e^2/I_c)) = 1147.13 \text{ N/mm}^2$$

con e=baricentro sezione -baricentro trefoli.

La verifica delle tensioni di esercizio per i cavi risulta soddisfatta.

Con carichi accidentali ridotti per la verifica a fessurazione si ha al lembo inferiore $\sigma_{Tinf} = 0.00 \text{ N/mm}^2$
La verifica di fessurazione risulta soddisfatta.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 147 di 180

N.B. Le σ negative indicano tensioni di trazione
 σ_T = sollecitazioni della trave c.a.p.
 σ_S = sollecitazioni delle fibre della soletta
 σ_{Cavi} = sollecitazioni del cls al baricentro dei cavi

Con i carichi adottati per il calcolo agli SLU si ha:
al lembo inferiore $\sigma_{Tinf} = 0.00 \text{ N/mm}^2$
al lembo superiore $\sigma_{Tsup} = 0.00 \text{ N/mm}^2$

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI - SLU

Verifica a pressoflessione

Tensioni di calcolo

Acciaio armonico: $f_{yd} = 1860 / 1.15 = 1617.39 \text{ N/mm}^2$
Calc. soletta : $f_{cd} = 0.47 * 45.00 = 21.15 \text{ N/mm}^2$

Area armature situate in zona tesa: 9.78 cm^2
Baricentro armature tese: 20.00 cm
Sforzo di trazione ultimo nell'acciaio:
 $9.78 * 1617.39 / 10000 = 1581.65 \text{ kN}$

Altezza rettangolo resistente equivalente:
 $1581.65 / (21.15 * 300.00 * 0.8) = 3.12 \text{ cm}$
Braccio forze interne:
 $204.00 - 3.12 / 2 - 20.00 = 182.44 \text{ cm}$

Momento di rottura = $1581.65 * 182.44 / 100 = 2885.59 \text{ kNm}$

Per la ricerca del valore dei momenti esterni si fattorizzano i momenti trovati per la condizione di SLE.

Momento SLU = 376.04 kNm

Coeff. di sicurezza = $2885.59 / 376.04 = 7.67$

A favore di sicurezza si trascura il contributo delle armature lente aggiuntive poste nella zona inferiore della trave.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A 148 di 180

10.3 SOLETTA

Si riportano nei paragrafi successivi i risultati ottenuti sulla soletta in calcestruzzo di impalcato, in termini di sollecitazioni agenti. Le verifiche sono state eseguite secondo i criteri esposti in precedenza per gli elementi strutturali in c.a., trascurando in favore di sicurezza la presenza delle predalles. Relativamente alle verifiche in esercizio non è stata considerata l'azione di peso proprio della soletta, in quanto agente sulle predalles in fase di getto.

10.3.1 Sollecitazioni agenti e verifiche

1.1.1.6 Modello di calcolo e analisi dei carichi

L'analisi ha interessato la sezione di incastro dello sbalzo terminale della soletta, in quanto soggetta alle condizioni più gravose, ed è stata dunque eseguita considerando lo schema semplice di trave a mensola.

Di seguito si riporta lo schema statico adottato e le azioni coinvolte nell'analisi. I valori riportati nel prospetto di seguito fanno riferimento a una striscia di calcolo di larghezza pari a 1m.

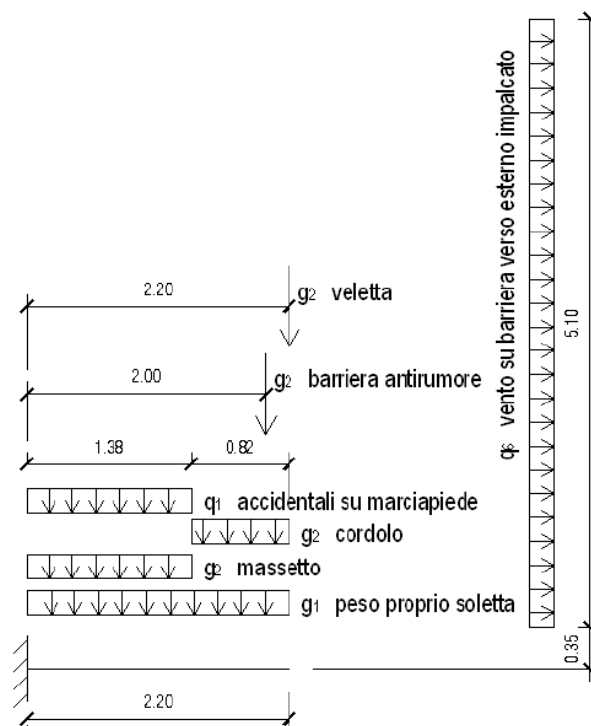


Figura 47: Schema statico di calcolo e carichi agenti

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 149 di 180

Luce di calcolo mensola	L_s	2.20	m
Peso proprio soletta	g_1	7.75	kN/m
Peso massetto	g_2	1.25	kN/m
Peso cordolo	g_2	5.00	kN/m
Peso barriera antirumore	g_2	16.00	kN
Peso veletta	g_2	6.25	kN
Carico accidentale su marciapiede	q_1	10.00	kN/m
Azione del vento sulla barriera	q_6	2.50	kN/m

1.1.1.7 Analisi delle sollecitazioni ed armature della soletta

Si riportano di seguito i contributi dei singoli casi di carico in termini di sollecitazioni all'incastro:

SOLLECITAZIONI INDOTTE DALLE AZIONI CARATTERISTICHE

Momento di incastro dovuto al peso proprio	M_{g1}	-18.76	kNm
Momento di incastro dovuto ai carichi permanenti (massetto e cordolo)	M_{g2}	-8.53	kNm
Momento di incastro dovuto alla barriera antirumore	M_{g2}	-32.00	kNm
Momento di incastro dovuto alla veletta	M_{g2}	-13.75	kNm
Momento di incastro dovuto al carico accidentale sul marciapiede	M_{q1}	-9.52	kNm
Momento di incastro dovuto al vento sulla barriera	M_{q6}	-37.38	kNm
Sforzo normale di trazione sulla soletta dovuto al vento sulla barriera	N_{q6}	-12.83	kN

Dalla combinazione delle azioni agli Stati Limite, si deducono le seguenti sollecitazioni di progetto in corrispondenza della sezione di incastro.

SOLLECITAZIONI SLE

Momento di incastro SLE - combinazione caratteristica rara 1	$M_{SLE.R}$	-99.28	kNm
Sforzo normale di incastro SLE - combinazione caratteristica rara 1	$N_{SLE.R}$	-12.83	kN
Momento di incastro SLE - combinazione frequente 1	$M_{SLE.F}$	-72.97	kNm
Sforzo normale di incastro SLE - combinazione frequente 1	$N_{SLE.F}$	-6.41	kN
Momento di incastro SLE - combinazione quasi permanente	$M_{SLE.QP}$	-54.28	kNm
Sforzo normale di incastro SLE - combinazione quasi permanente	$N_{SLE.QP}$	0.00	kN

SOLLECITAZIONI SLU

Momento di incastro SLU - combinazione critica	M_{SLU}	-165.72	kNm
Sforzo normale di incastro SLU - combinazione critica	N_{SLU}	-19.24	kN

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 150 di 180

Si impiegano:

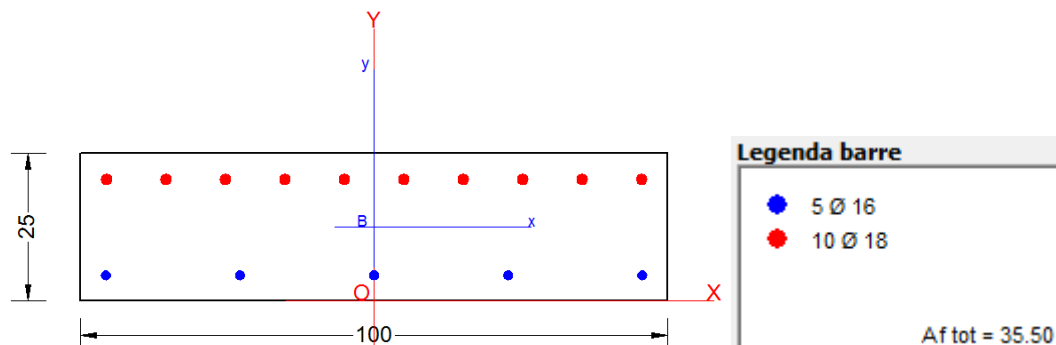
Armatura superiore 1 Φ 18/10

Armatura inferiore 1 Φ 16/20

1.1.1.8 Verifiche

Si riportano di seguito le verifiche strutturali relative alla sezione di calcolo considerata per la soletta in esame.

Come anticipato, le verifiche sono state eseguite secondo i criteri esposti in precedenza per gli elementi strutturali in c.a., trascurando in favore di sicurezza la presenza delle predalles. Relativamente alle verifiche in esercizio non è stata considerata l'azione di peso proprio della soletta, in quanto agente sulle predalles in fase di getto.



CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	25.0
3	50.0	25.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	45.2	4.8	16
2	-45.2	4.8	16
3	45.1	20.1	18
4	-45.1	20.1	18

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 151 di 180

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	16
2	3	4	8	18

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-19.24	-165.72	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE/FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-12.83	-99.28 (-42.61)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-54.28 (-42.83)	0.00 (0.00)

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.02.17.001</td> <td>A</td> <td>152 di 180</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	152 di 180
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	152 di 180								

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.3	cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-19.24	-170.67	-0.67	-19.23	-177.57	0.00	1.072	25.4(4.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00340	-50.0	0.0	0.00073	-45.7	4.3	-0.00976	45.6	20.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000643538	0.003500000	----	----

COMBINAZIONI RARE/FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	153 di 180

Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	10.99	50.0	0.0	-225.7	-35.5	20.6	800	25.4	10.1	1.00

COMBINAZIONI RARE/FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
Esito della verifica
S1 Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2 Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3 = 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica
Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi = $1 - \text{Beta}12 * (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{fctm}/\text{S2})^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{Mfess}/\text{M})^2$ [B.6.6 DM96]
e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * \text{Ss}/\text{Es}$ è tra parentesi
srm Distanza media tra le fessure [mm]
wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e * \text{sm} * \text{srm}$. Valore limite tra parentesi
MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-7.2	0	0.125	18	35	0.816	0.00092 (0.00045)	119	0.186 (0.20)	-42.61	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	6.03	50.0	0.0	-122.1	-35.5	20.6	800	25.4	10.1	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.9	0	0.125	18	35	0.689	0.00042 (0.00024)	119	0.085 (0.20)	-42.83	0.00

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014												
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI.02.17.001</td> <td>A</td> <td>154 di 180</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	154 di 180
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	154 di 180								

10.4 VERIFICA A SOLLEVAMENTO DELL'IMPALCATO

Il sollevamento dell'impalcato per una eventuale sostituzione degli apparecchi d'appoggio avviene tramite martinetti disposti ai lati di ciascuna delle travi, in asse con gli appoggi, pertanto lo schema di vincolo dell'impalcato rimane invariato, rispetto a quanto previsto in fase di esercizio. Gli elementi strutturali coinvolti, non subendo variazioni nella configurazione di carico e nello schema statico, risultano pertanto verificati anche in condizioni di sollevamento dell'impalcato.

Si mostrano di seguito i punti di applicazione dei martinetti per il sollevamento dell'impalcato.

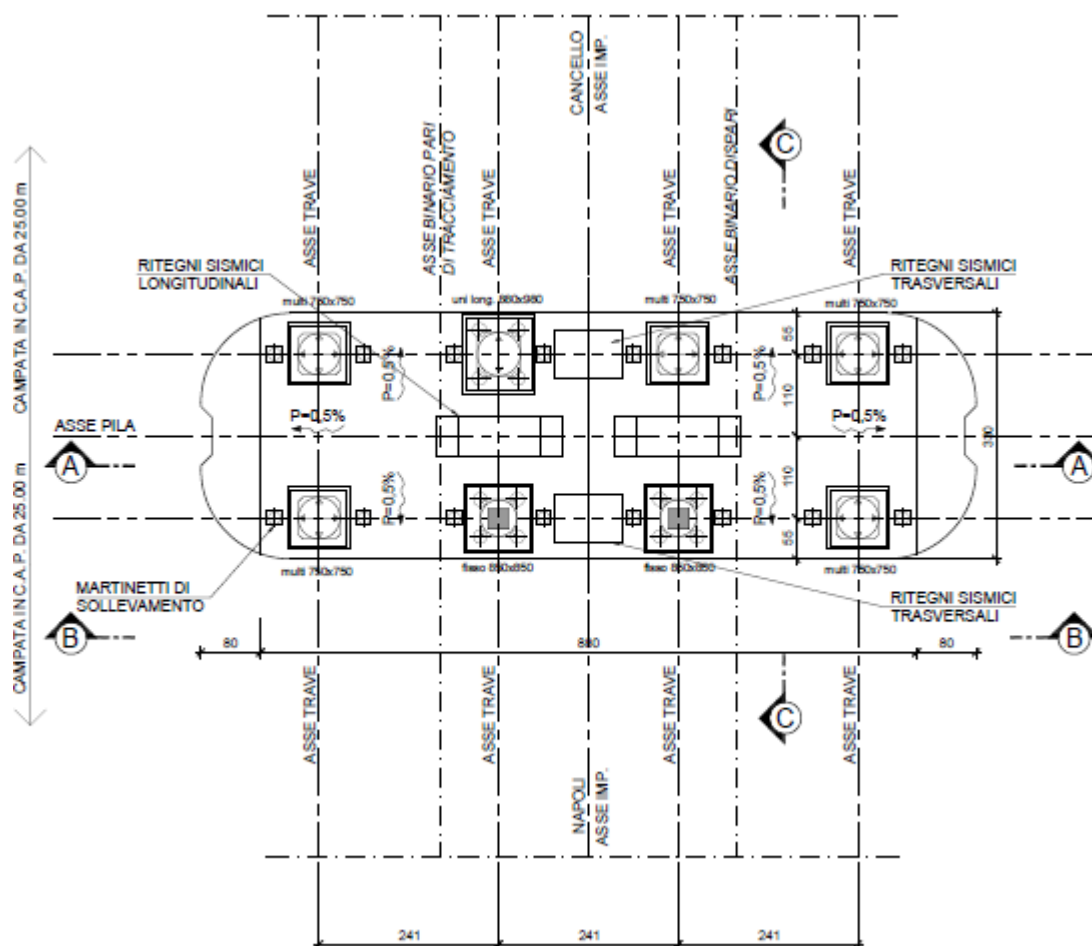


Figura 48: Punti di applicazione martinetti per il sollevamento dell'impalcato

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 155 di 180

10.5 VERIFICA A SOLLEVAMENTO, STOCCAGGIO E TRASPORTO TRAVI

10.5.1 Verifica a sollevamento

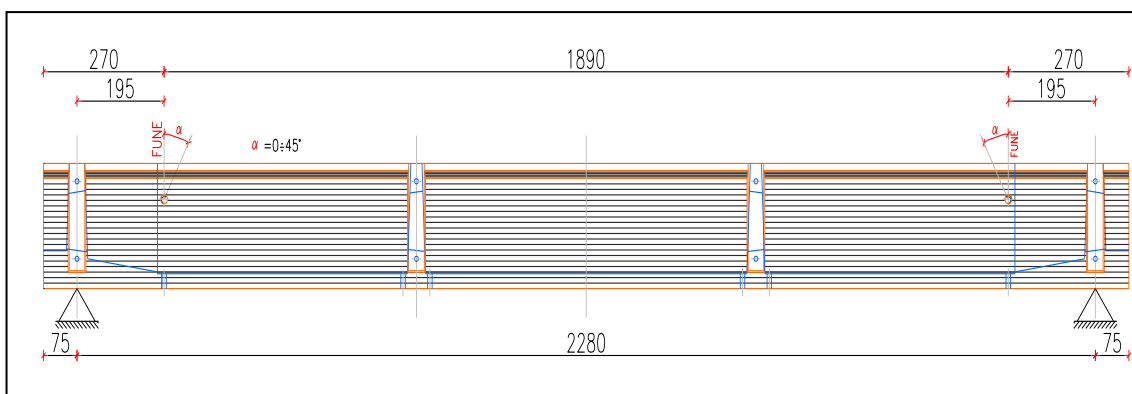
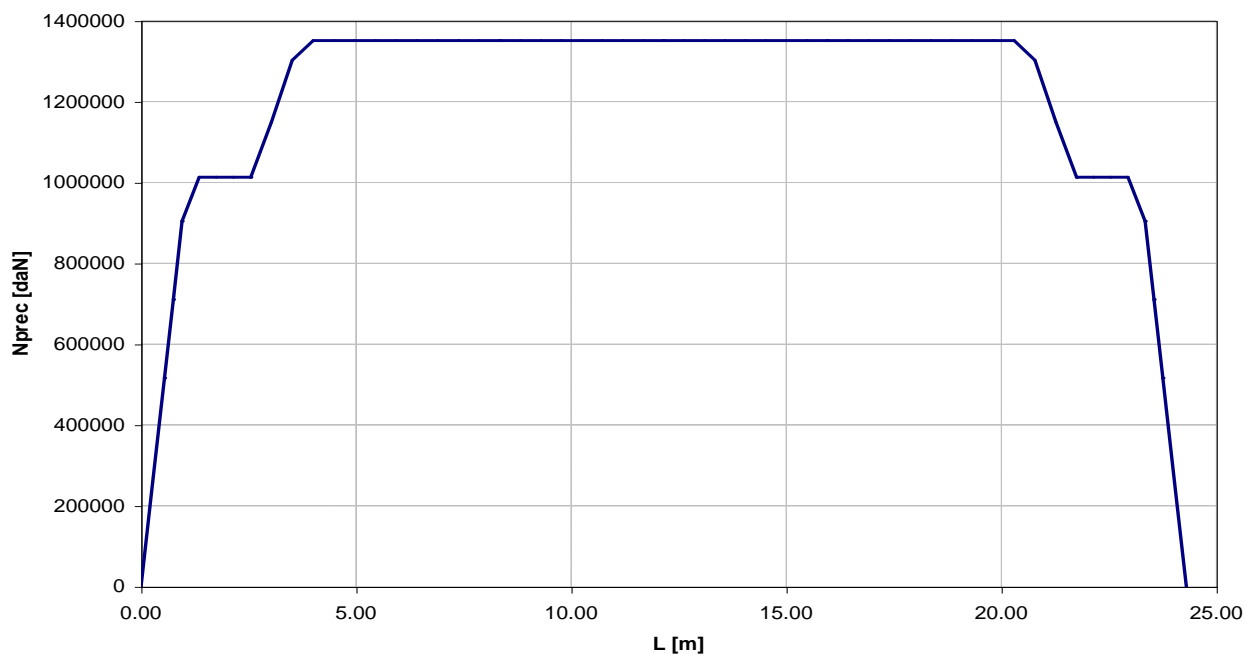


Figura 49: Modalità di sollevamento e stoccaggio

Nella figura seguente è riportato l'andamento dello sforzo di precompressione lungo la trave.



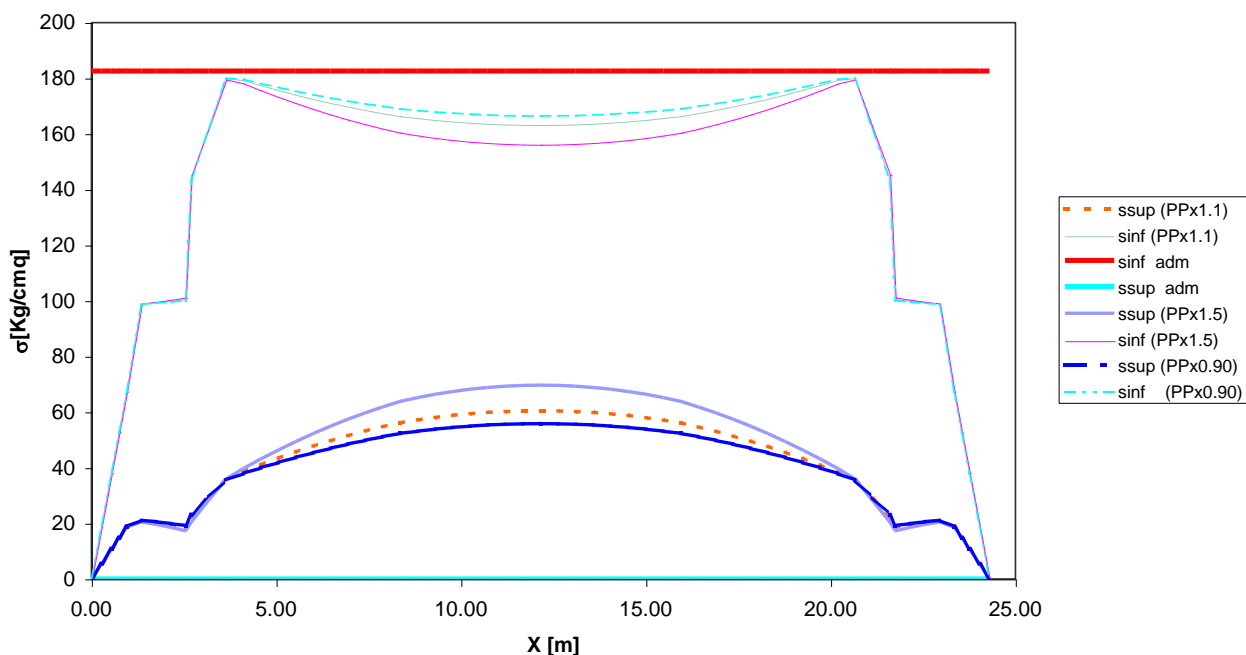
APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 156 di 180

La verifica a sollevamento è stata condotta considerando:

- un incremento del 10% del peso proprio
- un decremento del 10% del peso proprio
- un incremento del 50% del peso proprio, in accordo con quanto prescritto nel CCOC

L'andamento delle tensioni ai lembi della trave è rappresentato nel diagramma seguente.

Tensioni ai lembi della trave in fase di sollevamento
Rckj=400 daN/cm²



Si ricava:

$$Rckj \geq \frac{\sigma_{SUP,tot}}{0.55 \cdot 0.83} = \frac{180}{0.457} \cong 400 \text{ daN/cm}^2$$

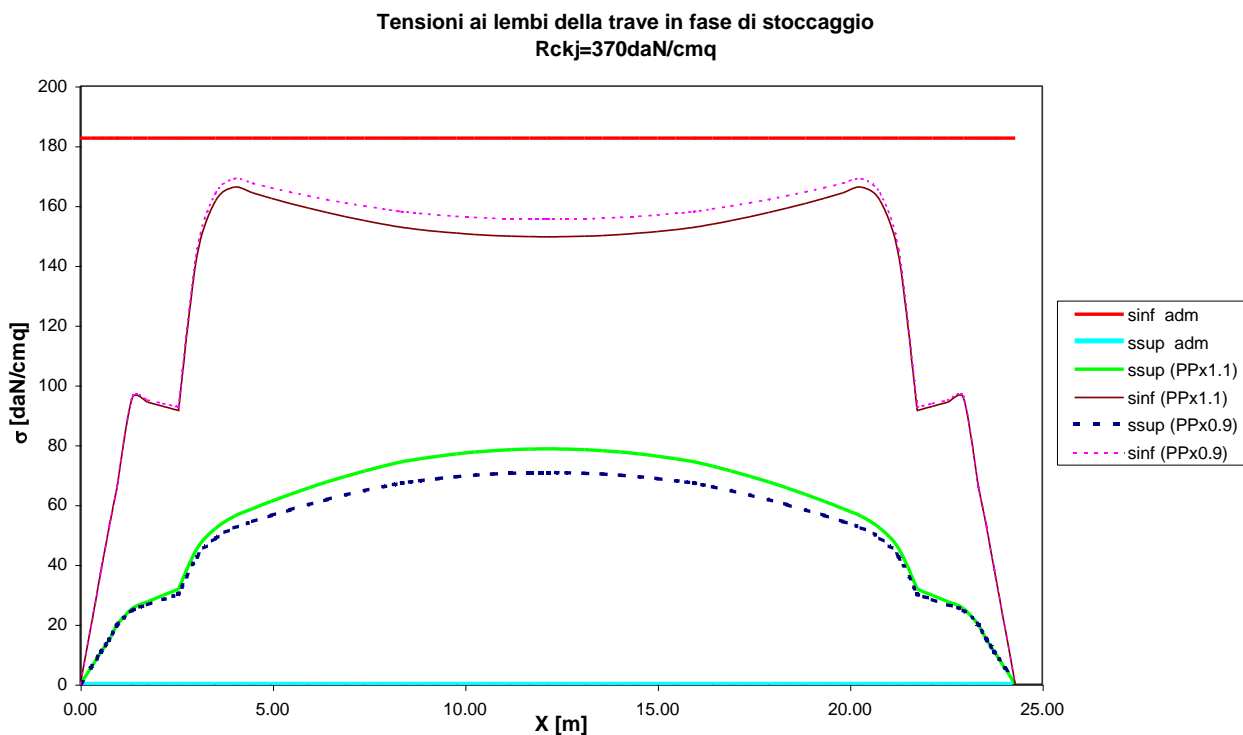
APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA			
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	157 di 180			

10.5.2 Verifica a stoccaggio

La verifica a stoccaggio è stata condotta considerando:

- un incremento del 10% del peso proprio
- un decremento del 10% del peso proprio

L'andamento delle tensioni ai lembi della trave è rappresentato nel diagramma seguente.



Si ricava:

$$Rckj \geq \frac{\sigma_{SUP,tot}}{0.55 \cdot 0.83} = \frac{169}{0.457} \cong 370 \text{ daN/cm}^2$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 158 di 180

10.5.3 Verifica a trasporto

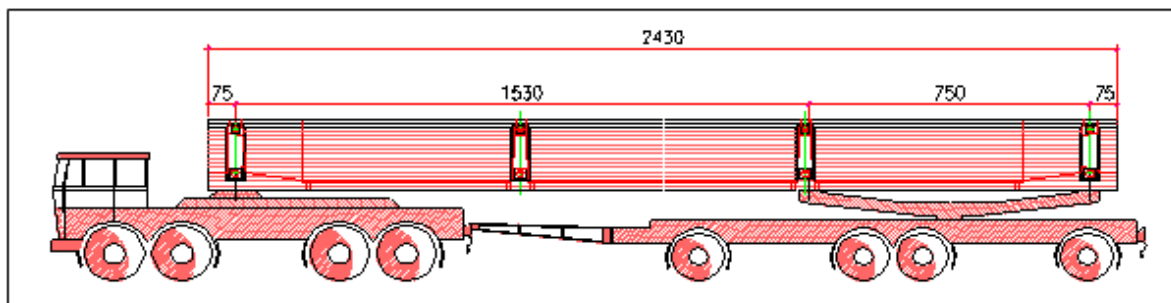


Figura 50: Modalità di trasporto

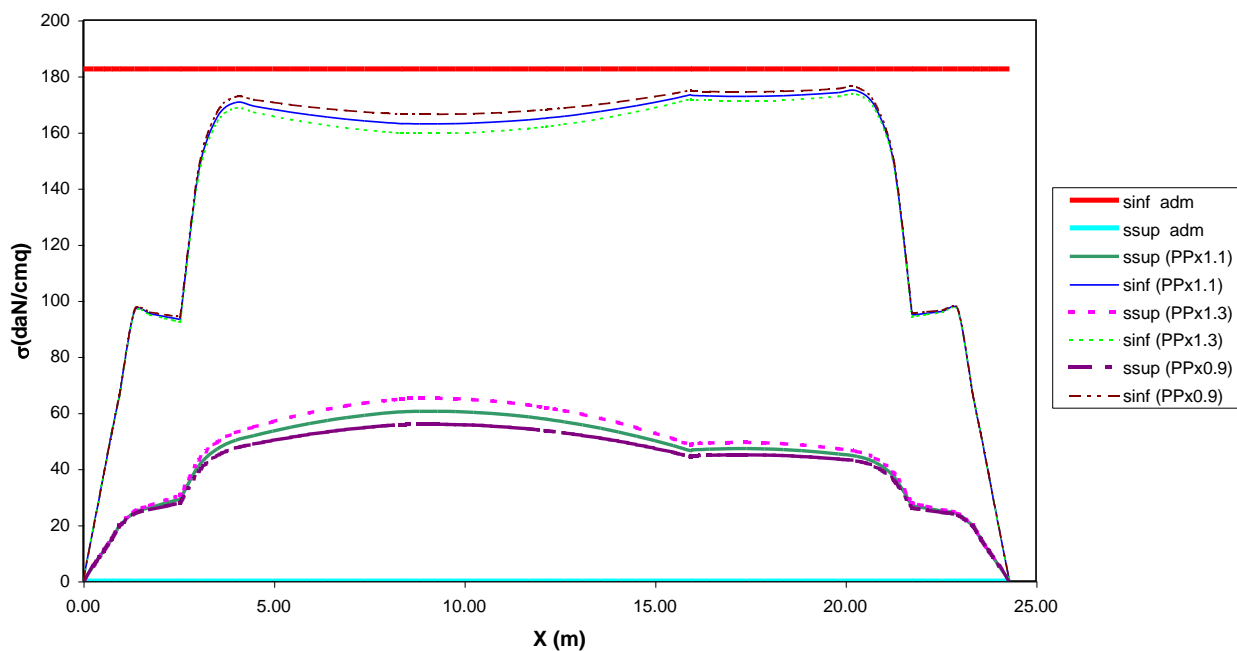
La verifica a trasporto è stata condotta considerando:

- un incremento del 10% del peso proprio
- un decremento del 10% del peso proprio
- un incremento del 30% del peso proprio, in accordo con quanto prescritto nel CCOC

L'andamento delle tensioni ai lembi della trave è rappresentato nel diagramma seguente.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	

Tensioni ai lembi della trave durante il trasporto
Rckj=390daN/cm²



Da cui si ricava:

$$Rckj \geq \frac{\sigma_{SUP,tot}}{0.55 \cdot 0.83} = \frac{176}{0.457} \cong 390 \text{ daN/cm}^2$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	160 di 180	

10.6 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ DELL'IMPALCATO

10.6.1 Deformazioni nel piano verticale

Si mostrano di seguito gli spostamenti verticali massimi della struttura registrati in presenza dei treni di carico LM71 ed SW/2, incrementati con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α .

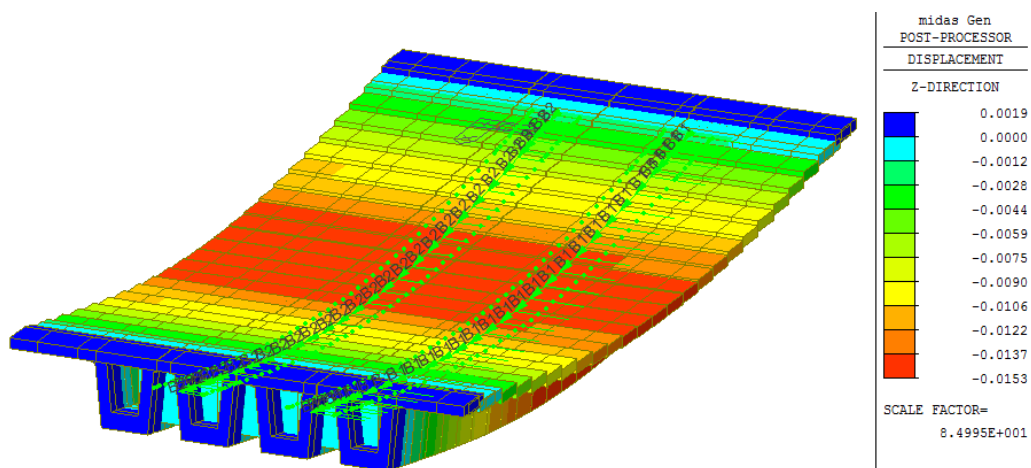


Figura 51: Spostamenti dir.-z della struttura in presenza dei treni di carico (m)

Considerando la luce libera dell'impalcato, pari a 22.80m; lo spostamento massimo registrato, pari a 0.0153m, risulta inferiore al limite consentito, pari a $22.80\text{m}/600 = 0.038\text{m}$. La verifica risulta pertanto soddisfatta.

10.6.2 Deformazioni torsionali

Il massimo sghembo misurato su una lunghezza di 3m non eccede il valore limite prescritto dalla normativa. Di seguito si mostra la sintesi della verifica effettuata.

L	D ₁	D ₂	$y=(D_2-D_1)/L$	y _{LIM}
Distanza base di misurazione	Massima differenza trasversale di spostamento dei binari al punto '0'	Massima differenza trasversale di spostamento dei binari alla distanza base	Valore di progetto	Valore limite
[m]	[m]	[m]	[mm/m]	[mm/m]
3	0.0000	0.0006	0.6mm/3m	3mm/3m

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	161 di 180

10.6.3 Stato limite per il comfort dei passeggeri

La massima freccia valutata in asse al binario, considerando un solo binario carico da un singolo modello LM71 con il relativo incremento dinamico e con il coefficiente α , risulta pari a 0.008m, valore inferiore al limite imposto per il comfort dei passeggeri, pari a $22.80\text{m}/1000 = 0.0228\text{m}$.

Nella vista del modello riportata di seguito, si mostrano i valori di inflessione in asse binario in corrispondenza del caso di carico descritto.

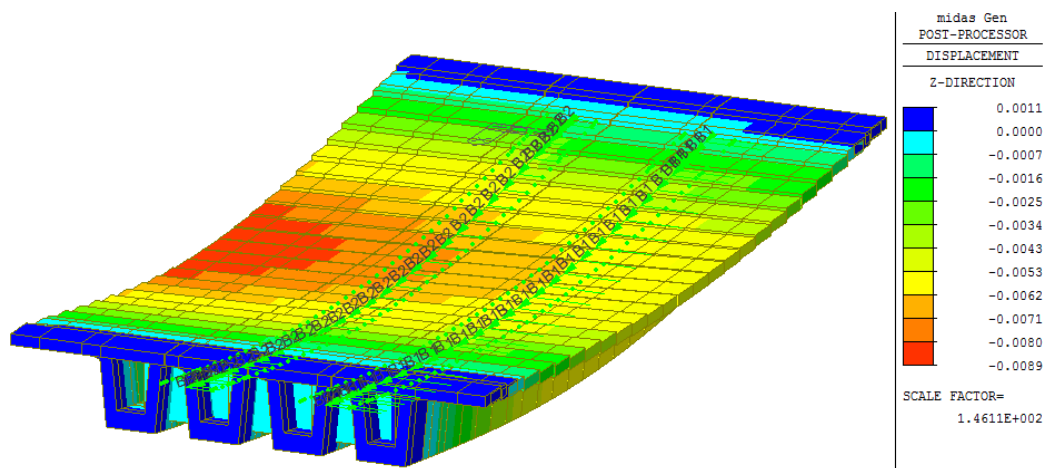


Figura 52: Spostamenti dir.-z della struttura in presenza del treno LM71 sul singolo binario (m)

10.6.4 Deformazioni nel piano orizzontale

Considerando la presenza del treno di carico LM71 e SW/0 (con i concetti di contemporaneità descritti in precedenza), incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α , l'azione del vento, la forza centrifuga e la forza laterale (serpeggio), l'inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato produce un raggio di curvatura $R=L^2/8 \delta_h$ superiore al minimo consentito dalla normativa, pari a 6000m per velocità di progetto comprese tra i 120 e i 200km/h. Nella formula di calcolo del raggio di curvatura, L rappresenta la luce dell'impalcato, pari a 22.80m e δ_h la freccia orizzontale sotto i carichi sopra indicati, desunta dal modello di calcolo e pari a 0.0025m.

Per quanto riguarda la variazione angolare prodotta dall'inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato, quella registrata nel modello, pari a 0.0004rad, risulta inferiore al limite superiore imposto dalla normativa e pari a 0.0020rad, per velocità di progetto comprese tra i 120 e i 200km/h.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	162 di 180

11 REAZIONI SUGLI APPOGGI

Si riporta di seguito la sintesi degli scarichi espletati dagli appoggi d'impalcato sulle sottostrutture, relativamente ai due lati, fisso e mobile, per ciascuna delle condizioni di carico elementari analizzate e per la condizione sismica. Le grandezze che figurano nella Tabella di seguito fanno riferimento alle seguenti azioni trasmesse dagli appoggi:

N: Reazione verticale (positiva, se diretta verso l'alto)

Ht: Reazione orizzontale, in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto

Hl: Reazione orizzontale, in direzione parallela all'asse del viadotto

Si riporta di seguito lo schema di vincolo adottato per l'impalcato in esame in cui si segnala la numerazione assegnata per gli appoggi.

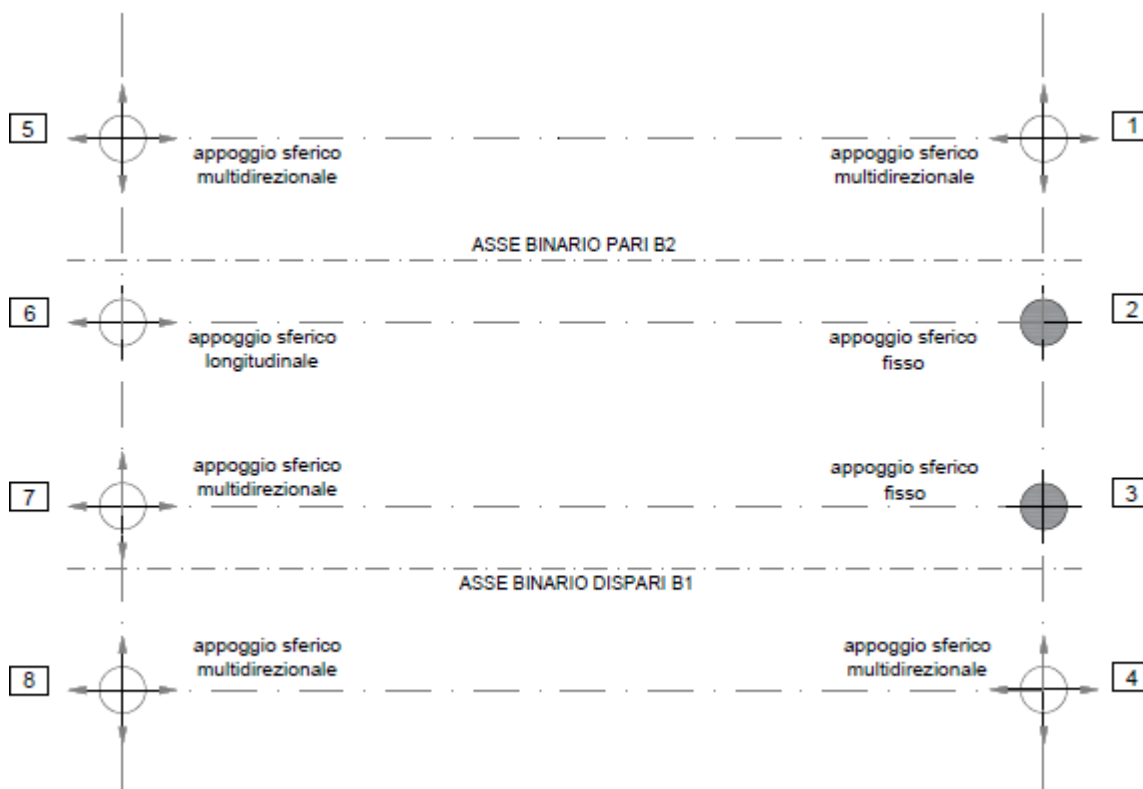


Figura 53: Schema dei vincoli di appoggio dell'impalcato

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.			LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.			IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014									
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo			PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA				
			IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	163 di 180				

CASI DI CARICO		APPOGGIO 1			APPOGGIO 2			APPOGGIO 3			APPOGGIO 4		
Sigla	Tipologia	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI
-	-	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
G1	Carichi permanenti strutturali	794.5	0.0	0.0	792.4	0.0	0.0	792.4	0.0	0.0	794.5	0.0	0.0
G2 (G2,1+G2,2+G2,3+G2,4)	Carichi permanenti non strutturali	688.2	0.0	0.0	640.1	0.0	0.0	640.3	0.0	0.0	688.8	0.0	0.0
Q3,a B1-SW2	Aviamento treno	-36.1	0.0	0.0	-37.2	43.1	403.1	-31.8	43.1	421.9	-26.6	0.0	0.0
Q3,a B1-LM71	Aviamento treno	-39.7	0.0	0.0	-41.0	47.4	443.5	-35.0	47.4	464.0	-29.3	0.0	0.0
Q3,a B2-LM71	Aviamento treno	29.3	0.0	0.0	35.0	47.4	-464.0	41.0	47.4	-443.5	39.7	0.0	0.0
Q3,f B1-SW2	Frenatura treno	38.2	0.0	0.0	39.5	-45.7	-427.6	33.7	-45.7	-447.4	28.2	0.0	0.0
Q3,f B1-LM71	Frenatura treno	24.0	0.0	0.0	24.8	-28.8	-268.8	21.2	-28.7	-281.2	17.7	0.0	0.0
Q3,f B2-LM71	Frenatura treno	-17.7	0.0	0.0	-21.2	-28.7	281.2	-24.8	-28.8	268.8	-24.0	0.0	0.0
Q4 B1-SW2	Azione centrifuga	-121.7	0.0	0.0	-47.0	93.1	6.8	40.5	92.6	-6.8	128.2	0.0	0.0
Q4 B1-LM71	Azione centrifuga	-135.0	0.0	0.0	-51.3	102.8	7.8	45.4	102.4	-7.8	140.9	0.0	0.0
Q4 B2-LM71	Azione centrifuga	-141.0	0.0	0.0	-45.4	102.4	7.8	51.3	102.9	-7.8	135.1	0.0	0.0
Q5 B1-SW2	Serpeggio	-19.4	0.0	0.0	-7.1	25.1	2.3	7.1	25.1	-2.3	19.4	0.0	0.0
Q5 B1-LM71	Serpeggio	-21.3	0.0	0.0	-7.8	27.6	2.5	7.8	27.6	-2.5	21.3	0.0	0.0
Q5 B2-LM71	Serpeggio	-21.3	0.0	0.0	-7.8	27.6	2.5	7.8	27.6	-2.5	21.3	0.0	0.0
Q6	Vento	-210.4	0.0	0.0	-75.3	201.8	15.0	73.4	201.7	-15.0	212.2	0.0	0.0
LM71_B1	Traffico ferroviario	-11.6	0.0	0.0	292.6	0.0	0.0	574.5	0.0	0.0	810.9	0.0	0.0
LM71_B2	Traffico ferroviario	815.6	0.0	0.0	568.6	0.0	0.0	290.5	0.0	0.0	-11.5	0.0	0.0
SW2_B1	Traffico ferroviario	-9.2	0.0	0.0	322.3	0.0	0.0	639.9	0.0	0.0	923.0	0.0	0.0
A_Gk	Resistenze parassite	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	8.9
A_Qk	Resistenze parassite	0.0	0.0	29.5	0.0	0.0	32.1	0.0	0.0	33.6	0.0	0.0	33.4

CASI DI CARICO			APPOGGIO 1			APPOGGIO 2			APPOGGIO 3			APPOGGIO 4		
Sigla	Tipologia	Descrizione	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI
-	-	-	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
SismaX - q=1	Sismica	Azione sismica SLV in direzione longitudinale	0.0	0.0	0.0	-523.0	0.0	4880.0	-523.0	0.0	4880.0	0.0	0.0	0.0
SismaY - q=1	Sismica	Azione sismica SLV in direzione trasversale	-1540.0	0.0	0.0	0.0	2663.0	0.0	0.0	2663.0	0.0	1540.0	0.0	0.0
SismaZ - q=1	Sismica	Azione sismica SLV in direzione verticale	-193.0	0.0	0.0	-192.0	0.0	0.0	-192.0	0.0	0.0	-193.0	0.0	0.0

Tabella 5: Scarichi espletati dagli appoggi per le singole condizioni di carico – Lato fisso

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 164 di 180

CASI DI CARICO		APPOGGIO 5			APPOGGIO 6			APPOGGIO 7			APPOGGIO 8		
Sigla	Tipologia	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI
-	-	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
G1	Carichi permanenti strutturali	794.5	0.0	0.0	792.4	0.0	0.0	792.4	0.0	0.0	794.5	0.0	0.0
G2 (G2,1+G2,2+G2,3+G2,4)	Carichi permanenti non strutturali	688.3	0.0	0.0	640.0	0.0	0.0	640.0	0.0	0.0	688.3	0.0	0.0
Q3,a B1-SW2	Avviamento treno	40.8	0.0	0.0	32.5	-86.2	0.0	27.1	0.0	0.0	31.3	0.0	0.0
Q3,a B1-LM71	Avviamento treno	44.8	0.0	0.0	35.8	-94.8	0.0	29.8	0.0	0.0	34.5	0.0	0.0
Q3,a B2-LM71	Avviamento treno	-27.6	0.0	0.0	-36.7	-94.8	0.0	-42.6	0.0	0.0	-38.0	0.0	0.0
Q3,f B1-SW2	Frenatura treno	-43.2	0.0	0.0	-34.5	91.4	0.0	-28.7	0.0	0.0	-33.2	0.0	0.0
Q3,f B1-LM71	Frenatura treno	-27.2	0.0	0.0	-21.7	57.5	0.0	-18.1	0.0	0.0	-20.9	0.0	0.0
Q3,f B2-LM71	Frenatura treno	16.7	0.0	0.0	22.2	57.5	0.0	25.8	0.0	0.0	23.0	0.0	0.0
Q4 B1-SW2	Azione centrifuga	-127.7	0.0	0.0	-40.2	184.3	0.0	46.9	0.0	0.0	121.0	0.0	0.0
Q4 B1-LM71	Azione centrifuga	-141.7	0.0	0.0	-43.8	203.5	0.0	52.5	0.0	0.0	133.0	0.0	0.0
Q4 B2-LM71	Azione centrifuga	-147.8	0.0	0.0	-37.8	203.6	0.0	58.5	0.0	0.0	127.1	0.0	0.0
Q5 B1-SW2	Serpeggio	-21.0	0.0	0.0	-5.3	49.8	0.0	8.9	0.0	0.0	17.4	0.0	0.0
Q5 B1-LM71	Serpeggio	-23.1	0.0	0.0	-5.8	54.7	0.0	9.7	0.0	0.0	19.2	0.0	0.0
Q5 B2-LM71	Serpeggio	-23.1	0.0	0.0	-5.8	54.7	0.0	9.8	0.0	0.0	19.2	0.0	0.0
Q6	Vento	-223.7	0.0	0.0	-60.4	400.3	0.0	87.5	0.0	0.0	196.7	0.0	0.0
LM71_B1	Traffico ferroviario	-11.4	0.0	0.0	292.6	0.0	0.0	574.5	0.0	0.0	810.8	0.0	0.0
LM71_B2	Traffico ferroviario	815.6	0.0	0.0	568.7	0.0	0.0	290.5	0.0	0.0	-11.4	0.0	0.0
SW2_B1	Traffico ferroviario	-9.0	0.0	0.0	322.3	0.0	0.0	639.9	0.0	0.0	923.0	0.0	0.0
A_Gk	Resistenze parassite	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	8.9
A_Qk	Resistenze parassite	0.0	0.0	29.5	0.0	0.0	32.1	0.0	0.0	33.6	0.0	0.0	33.4

CASI DI CARICO			APPOGGIO 5			APPOGGIO 6			APPOGGIO 7			APPOGGIO 8		
Sigla	Tipologia	Descrizione	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI	N	Ht	HI
-	-	-	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
SismaX - q=1	Sismica	Azione sismica SLV in direzione longitudinale	0.0	0.0	0.0	523.0	0.0	0.0	523.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SismaY - q=1	Sismica	Azione sismica SLV in direzione trasversale	-1540.0	0.0	0.0	0.0	5325.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1540.0	0.0	0.0
SismaZ - q=1	Sismica	Azione sismica SLV in direzione verticale	-217.0	0.0	0.0	-219.0	0.0	0.0	-219.0	0.0	0.0	-217.0	0.0	0.0

Tabella 6: Scarichi espletati dagli appoggi per le singole condizioni di carico – Lato mobile

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 165 di 180

12 BAGGIOLI E RITEGNI

Gli apparecchi d'appoggio fissi devono essere dimensionati con il criterio della GR (par. 7.9.5.4.1-DM 14.1.2008). Essi devono quindi essere in grado di trasmettere, mantenendo la piena funzionalità, forze orizzontali tali da produrre, nella o nelle sezioni critiche alla base della pila, un momento flettente pari a: $\gamma_{Rd}M_{Rd}$, dove M_{Rd} è il momento resistente della o delle sezioni critiche. Questa verifica può essere eseguita in modo indipendente per le due direzioni dell'azione sismica. Le forze determinate come sopra possono risultare superiori a quelle che si ottengono dall'analisi ponendo $q=1$; in tal caso per il progetto degli apparecchi è consentito adottare queste ultime.

Nel caso in esame, cautelativamente, si è scelto di dimensionarle in funzione delle azioni sismiche derivanti dallo spettro elastico.

Si riporta a seguire il dimensionamento e la verifica dell'armatura trasversale a fenditura dei baggioli.

12.1 ARMATURA A TRANCIAMENTO

L'armatura longitudinale si dimensiona a tranciamento, rapportando la forza di taglio che agisce sui baggioli alla tensione di snervamento dell'acciaio per il numero totale di bracci che lavorano.

$$A = \frac{T_{agente}}{f_d}$$

A seguire si riportano le azioni dimensionanti:

APPARECCHIO D'APPOGGIO	CARICHI AGENTI		
	N	F trasv	F long
	[KN]	[KN]	[KN]
MULTIDIREZIONALE	4143.0	-	-
UNIDIREZIONALE long	1481.0	5325.0	-
FISSO	1495.0	541.0	4880.0

Cautelativamente si raddoppia l'azione di taglio agente considerando l'incremento di sollecitazione su un appoggio.

A tranciamento sono disposti $24\Phi 20$ per lato, per un totale di $96\Phi 20$.

Si riporta di seguito la verifica.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 166 di 180

Massimo taglio agente	T	10650	kN
Tensione snervamento acciaio	f_d	391.30	MPa
Area minima	A	272.17	cm ²
Numero di bracci	n	96	-
Diametro	Φ	20	mm
Area resistente	A_R	301.44	cm ²
Fattore di sicurezza	Fs	1.11	-

12.2 ARMATURA TRASVERSALE

L'armatura trasversale si dimensiona in base alla forza di fenditura.

Il baggiolo di dimensione d su cui è poggiato l'apparecchio di appoggio di dimensione a soggetto ad una forza P avrà un andamento delle isostatiche di compressione di questo tipo:

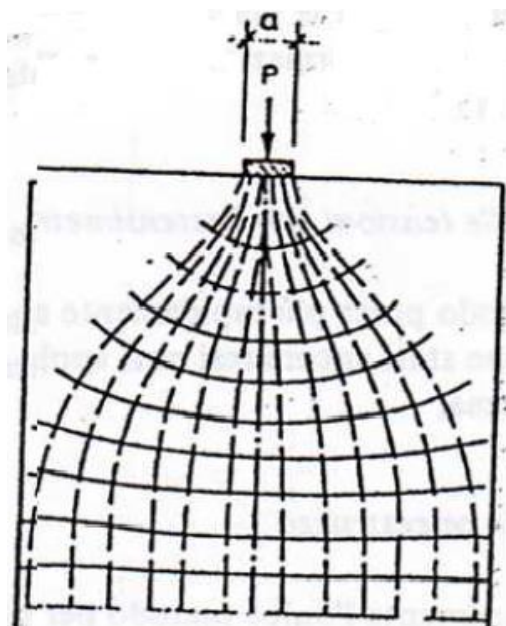


Figura 54: Andamento delle isostatiche di compressione

La curva delle tensioni di trazione trasversale σ_y risulta essere quella riportata nella Figura di seguito.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	

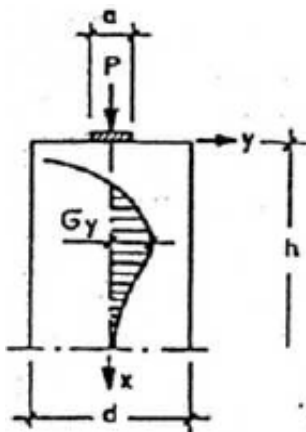


Figura 55: Curva delle tensioni di trazione trasversale σ_y

Con l'area delle tensioni di trazione si ottiene la forza di fenditura $T = \int \sigma_y dx$ con la quale si deve dimensionare l'armatura.

Tale forza è pari a: $T = 0,25 \cdot P \cdot (1 - \frac{a}{d})$

Si sintetizza nel prospetto di seguito il calcolo della forza di fenditura relativa a ciascuna tipologia degli apparecchi di appoggio.

APPARECCHIO D'APPOGGIO	CARICHI AGENTI			GEOMETRIA			T [KN]
	N [KN]	F trasv [KN]	F long [KN]	a appoggio [mm]	d baggiolo [mm]	h _{bag} [mm]	
MULTIDIREZIONALE	4143.0	-	-	500	830	300	411.8
UNIDIREZIONALE long	1481.0	5325.0	-	580	960	300	146.6
FISSO	1495.0	541.0	4880.0	580	960	300	147.9

Si prevede un'armatura trasversale pari a $\phi 16/10$. Di seguito si esibisce la verifica.

Massimo taglio agente	T	411.8	kN
Tensione snervamento acciaio	f_d	391.30	MPa
Area minima	A	10.52	cm ²
Diametro	Φ	16	mm
Altezza baggiolo	h	30	cm
Passo	s	10	cm
Area resistente	A _R	12.06	cm ²
Fattore di sicurezza	Fs	1.15	-

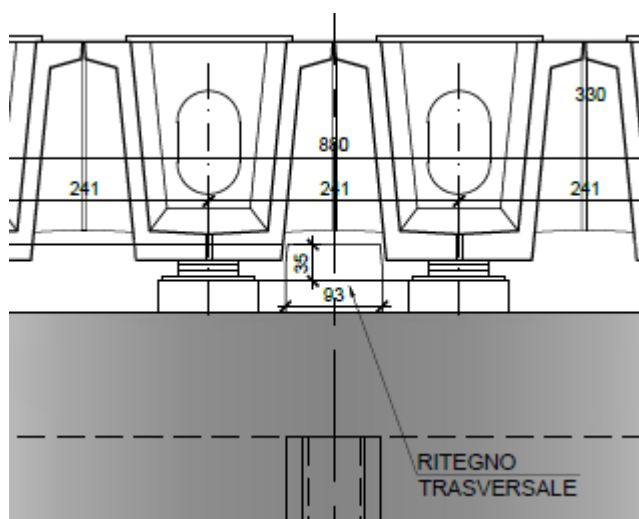
APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 168 di 180

12.3 RITEGNI TRASVERSALI

Si sintetizzano nel prospetto di seguito le azioni che interessano i ritegni sismici trasversali.

RITEGNO SISMICO TRASVERSALE		
	COMBINAZIONI STATICHE SLU	COMBINAZIONI SISMICHE SLU (SLC)
H_{TRASV} (kN)	1083	6172

Attraverso una modellazione tirante-puntone si ottengono i seguenti risultati:



$$a = 35 \text{ (cm)}$$

$$d = 93 \text{ (cm)}$$

$$b = \text{dimensione del ritegno in direzione long.} = 93 \text{ (cm)}$$

n.	ϕ	
20	20	
A_a	62.83	$[cm^2]$
A_a	56.93	$[cm^2]$

armatura disposta
armatura necessaria

$$x = (1.8 \cdot d \cdot a) / (1.6 \cdot d + a) = 31.88 \text{ (cm)}$$

$$T = (N \cdot a) / (0.8 \cdot d) + H(1 + \delta d / 0.8 d) = 1451.75 \text{ (KN)}$$

$$C = (N \cdot a) / x + H(\delta d / x) = 6776.66 \text{ (KN)}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A PAGINA 169 di 180

VERIFICHE

$$A_{acc} = 20 \phi \quad 20 \quad 62.83 \quad \text{cm}^2$$

$$\sigma_{acc}^- = T/A_{acc} = -231 \text{ Mpa} < -391.3 \text{ MPa}$$

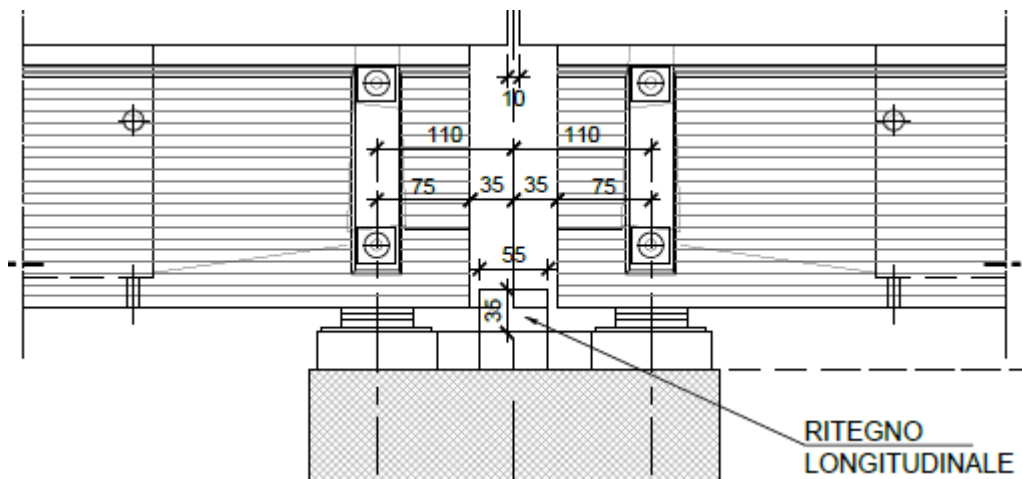
$$\sigma_{cls}^+ = C / (0.2 \cdot b \cdot h) = 19.59 \text{ Mpa} < 22.13 \text{ MPa}$$

12.4 RITEGNI LONGITUDINALI

Si sintetizzano nel prospetto di seguito le azioni che interessano i ritegni sismici trasversali.

RITEGNO SISMICO LONGITUDINALE		
	COMBINAZIONI STATICHE SLU	COMBINAZIONI SISMICHE SLU (SLC)
H_{LONG} (kN)	2644	11134

Attraverso una modellazione tirante-puntone si ottengono i seguenti risultati:



$$a = 35 \text{ (cm)}$$

$$d = 55 \text{ (cm)}$$

$$b = \text{dimensione del ritegno in direzione long.} = 169 \text{ (cm)}$$

n.	ϕ
40	24

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 170 di 180

A_a	180.96	[cm ²]	armatura disposta
A_a	173.66	[cm ²]	armatura necessaria

$$x = (1.8 \cdot d \cdot a) / (1.6 \cdot d + a) \quad 28.17 \text{ (cm)}$$

$$T = (N \cdot a) / (0.8 \cdot d) + H(1 + \delta d / 0.8 d) \quad 4428.30 \text{ (KN)}$$

$$C = (N \cdot a) / x + H(\delta d / x) \quad 6916.58 \text{ (KN)}$$

VERIFICHE

$$A_{acc} = 40 \phi \quad 24 \quad 180.9557 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{acc}^- = T / A_{acc} = -245 \text{ Mpa} < -391.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cls}^+ = C / (0.2 \cdot b \cdot h) = 18.60 \text{ Mpa} < 22.13 \text{ MPa}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A 171 di 180

13 GIUNTI DI DILATAZIONE

13.1 SPOSTAMENTI

Si riporta a seguire la valutazione dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi di appoggio mobili dell'impalcato in direzione longitudinale, effettuata conformemente a quanto prescritto nel par.2.5.2.1.5.1 del "Manuale di progettazione delle opere civili":

$$E_L = k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 \cdot (2 \cdot D_i + 4 \cdot d_{Ed} \cdot k_2 + 2 \cdot d_{eg})$$

In cui:

- E_1 = spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;
- E_2 = spostamento dovuto alla riposta della struttura all'azione sismica;
- E_3 = spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni di strutture non collegate;
- k_1 = 0.45 coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;
- k_2 = 0.55 coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti
- d_{Ed} = è lo spostamento relativo totale tra le parti, pari allo spostamento d_E prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato nel par. 7.3.3.3 del DM 14.1.2008.
- d_{eg} = è lo spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno.

In particolare, gli spostamenti d_E della struttura sotto l'azione sismica di progetto allo SLV si ottengono moltiplicando per il fattore μ_d i valori d_{Ee} ottenuti dall'analisi lineare, dinamica o statica, secondo l'espressione seguente:

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$$

$$\mu_d = q \quad \text{se } T_1 \geq T_c$$

$$\mu_d = 1 + (q - 1) \times T_c / T_1 \quad \text{se } T_1 < T_c$$

$$\text{In ogni caso } \mu_d \leq 5q - 4.$$

Per quanto riguarda il valore dello spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo (d_g), questo può ottenersi utilizzando l'espressione seguente:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO										
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 172 di 180					

$$d_g = 0.025 a_g S T_c T_D$$

In ogni caso, dovrà risultare:

$$E_L \geq E_0 \text{ ed } E_L \geq E_i \text{ con } i = 1, 2, 3$$

In cui:

- E_0 = escursione valutata secondo i criteri validi nelle zone non sismiche;
- E_i = il maggiore dei due termini indicati nella espressione precedente.

Nei casi in cui anche una sola delle due precedenti disuguaglianze non risultasse verificata, dovrà assumersi:

$$E_L = \max (E_0; E_i)$$

Per garantire un valore minimo di escursione, in funzione della sismicità del sito, il valore E_L dovrà essere assunto non minore di:

$$E_L \geq 3,30 \cdot \frac{L}{1000} + 0,10 \text{ e } E_L \geq 0,15m \text{ per le zone classificate sismiche con } a_g(SLV) \geq 0,25 g$$

$$E_L \geq 2,30 \cdot \frac{L}{1000} + 0,073 \text{ e } E_L \geq 0,10m \text{ per le zone classificate sismiche con } a_g(SLV) < 0,25 g$$

con L pari alla lunghezza del ponte.

Si ottiene, in definitiva, per la pila di altezza massima (H=12m), tra quelle relative ad impalcati in c.a.p. di luce 25m:

Escursione totale dei giunti													
Azione termica				Azione sismica						Azione sismica in fondazione		Escursione giunti	
Limp	ΔT	Dt	E1	T1	dEe	μd	dE	k2	E2	dg	E3	k1	EL
[m]	[°]	[mm]	[mm]	[s]	[mm]	[-]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]
25.00	22.5	6.75	13.5	0.36	23.48	1.74	40.81	0.55	89.79	95.91	191.82	0.45	132.8

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 173 di 180

13.2 CORSA DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO MOBILI

La corsa degli apparecchi d'appoggio mobili deve essere non inferiore a $\pm(E_L/2 + E_L/8)$ con un minimo di $\pm(E_L/2 + 15 \text{ mm})$. Risulta pertanto:

Corsa apparecchi di appoggio **± 83 mm**

13.3 ESCURSIONE DEI GIUNTI

Il giunto fra le testate di due travi adiacenti dovrà consentire una escursione totale pari a: $\pm(E_L/2 + 10\text{mm})$. Risulta pertanto:

Escursione dei giunti **± 76 mm**

13.4 AMPIEZZA DEI VARCHI

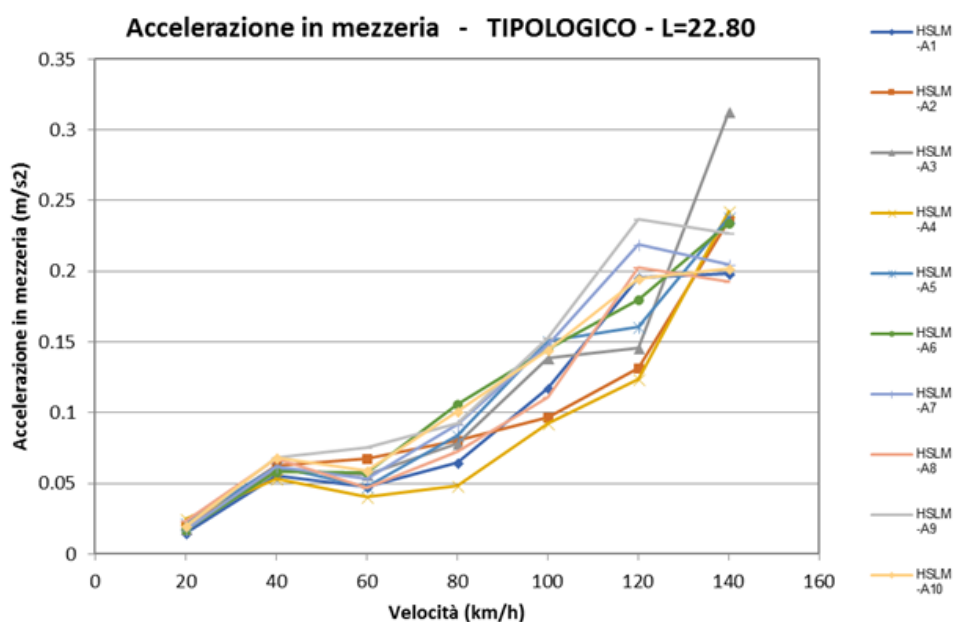
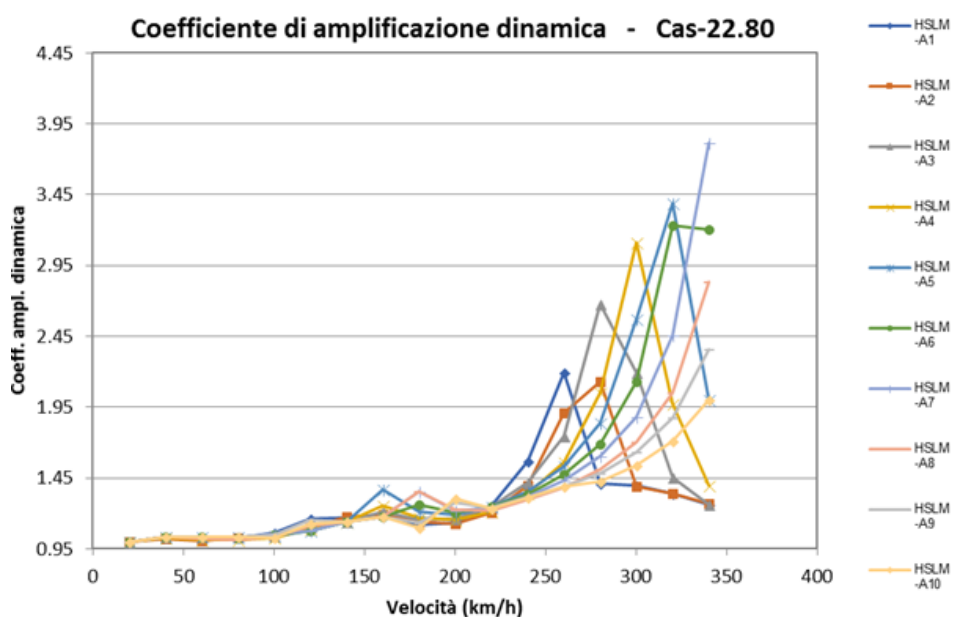
Il varco da prevedere fra le testate degli impalcato adiacenti, a temperatura media ambiente, dovrà essere non inferiore a $V \geq E_L/2 + V_0$, con $V_0 = 20\text{mm}$.

Ampiezza del varco **V_L 86 mm**

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001		REV. A

14 ANALISI DINAMICA

Si riportano di seguito, per completezza della trattazione, i risultati dell'analisi dinamica eseguita mediante un software swing-v.3.1 sulla base di modelli di carico convenzionali di tipo "treno reale" HSLM, conformemente con quanto prescritto nel "Manuale di progettazione delle opere civili".



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 175 di 180
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo								

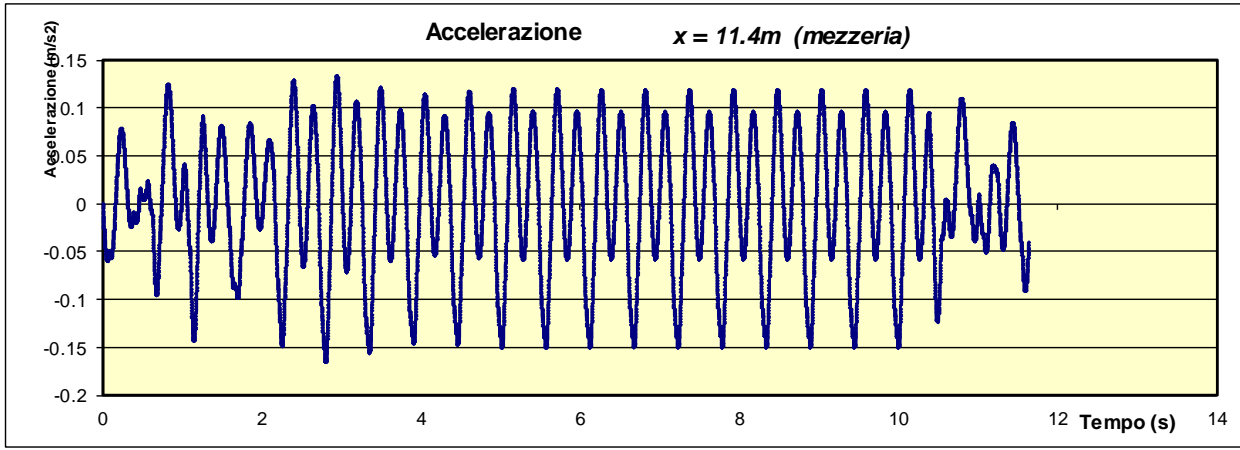
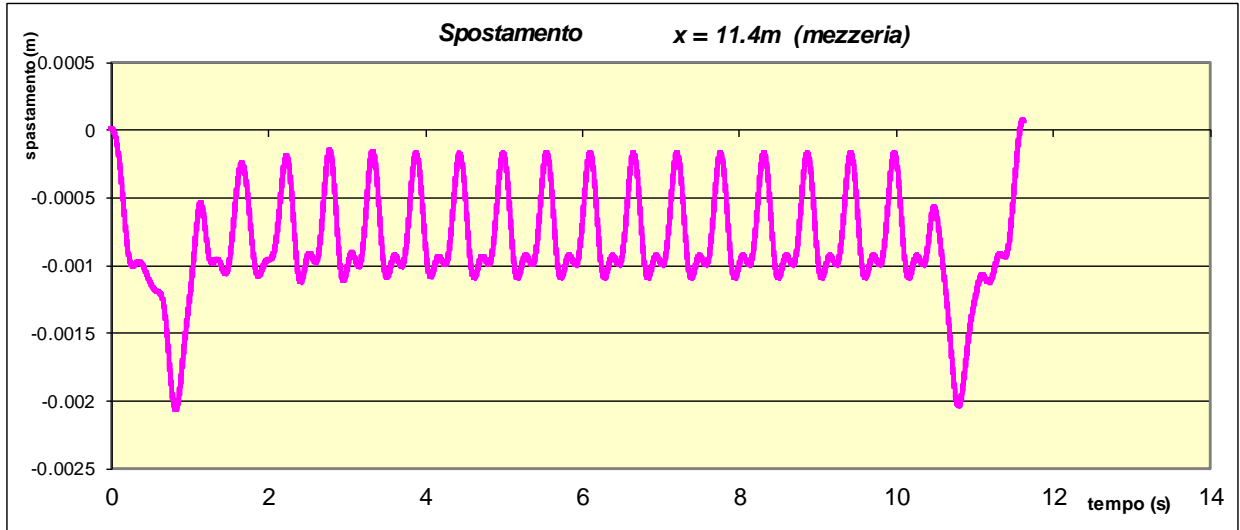
DATI VIADOTTO

Nome viadotto	TIPOLOGICO - L=22.80
Lunghezza	22.8 (m)
Tipologia	Appoggiata
Smorzamento	0.04

Treno	HSLM-A3
Velocità	130 (Km/h)

Analisi Modale	periodo	massa
	(s)	(ton/m)
Modo1	0.25	48

Max accelerazione +	0.133270475	(m/s ²)
Max accelerazione -	0.165735967	(m/s ²)
Max spostamento	0.002072261	(m)



APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A. Mandante: ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL VI.02.17.001 A 176 di 180

Nome viadotto:
TIPOLOGICO - L=22.80

Caratteristiche impalcato:

Luce ponte (m)	22.80
Massa per unità di lunghezza (ton/m) - (media)	48
Prima frequenza propria (Hz)	4.00
Smorzamento (%)	4.00%
Incrementi di velocità (Km/h)	20
Velocità linea (Km/h)	130
Interasse minimo pile (m)	22.8

Tipologia impalcato:
IMPALCATO APPOGGIATO

TRENO DI CARICO (ANALISI DINAMICA)

$$\varphi'' = 0.0222$$

$$\varphi_{reale,max} = 1 + \varphi''_{din} + \varphi''$$

$$\varphi'' = \frac{\alpha}{100} \left[56e^{-\left(\frac{L\alpha}{10}\right)^2} + 50 \left(\frac{L\alpha n_0}{80} - 1 \right) e^{-\left(\frac{L\alpha}{20}\right)^2} \right]$$

SEZIONE ASCISSA 11.4 m	Cond. statica δ (mm)	$\phi_{din,max}$	Eq. Flett. (KN/m)	Eq. Flett. $\cdot \phi_{reale,max}$ (KN/m)	Acc. max (m/s ²)	$V_{reale,max}$	$V_{acc,max}$	
HSLM-A1	1.78	1.168	44.34	52.76	0.198	140	140	HSLM-A1
HSLM-A2	2.02	1.180	49.78	59.86	0.236	140	140	HSLM-A2
HSLM-A3	1.88	1.140	46.95	54.58	0.313	140	140	HSLM-A3
HSLM-A4	1.95	1.143	47.94	55.84	0.242	140	140	HSLM-A4
HSLM-A5	1.78	1.140	44.34	51.55	0.238	140	140	HSLM-A5
HSLM-A6	1.88	1.140	46.95	54.57	0.234	140	140	HSLM-A6
HSLM-A7	1.99	1.140	49.56	57.62	0.219	140	120	HSLM-A7
HSLM-A8	1.97	1.141	48.75	56.72	0.202	140	120	HSLM-A8
HSLM-A9	2.20	1.157	54.78	64.59	0.237	120	120	HSLM-A9
HSLM-A10	2.20	1.140	54.78	63.68	0.202	140	140	HSLM-A10

V = 140 Km/h	HSLM-A2	Max $\phi_{reale,max}$	1.180
V = 140 Km/h	HSLM-A3	Max Acc max	0.313
V = 120 Km/h	HSLM-A9	Max Eq. Flett. $\cdot \phi_{reale,max}$	64.585

TRENO DI CARICO (ANALISI STATICA)

	ϕ_3	Eq. Flett. (KN/m)	Eq. Flett. $\cdot \phi_3$ (KN/m)	
LM71-1.1	1.202	128.87	154.933	LM71-1.1
SW2-1.0	1.202	149.82	180.115	SW2-1.0
SW0-1.1	1.202	129.02	155.113	SW0-1.1

Treno di carico massimo: **SW2-1.0** **1.202** **149.82** **180.115**

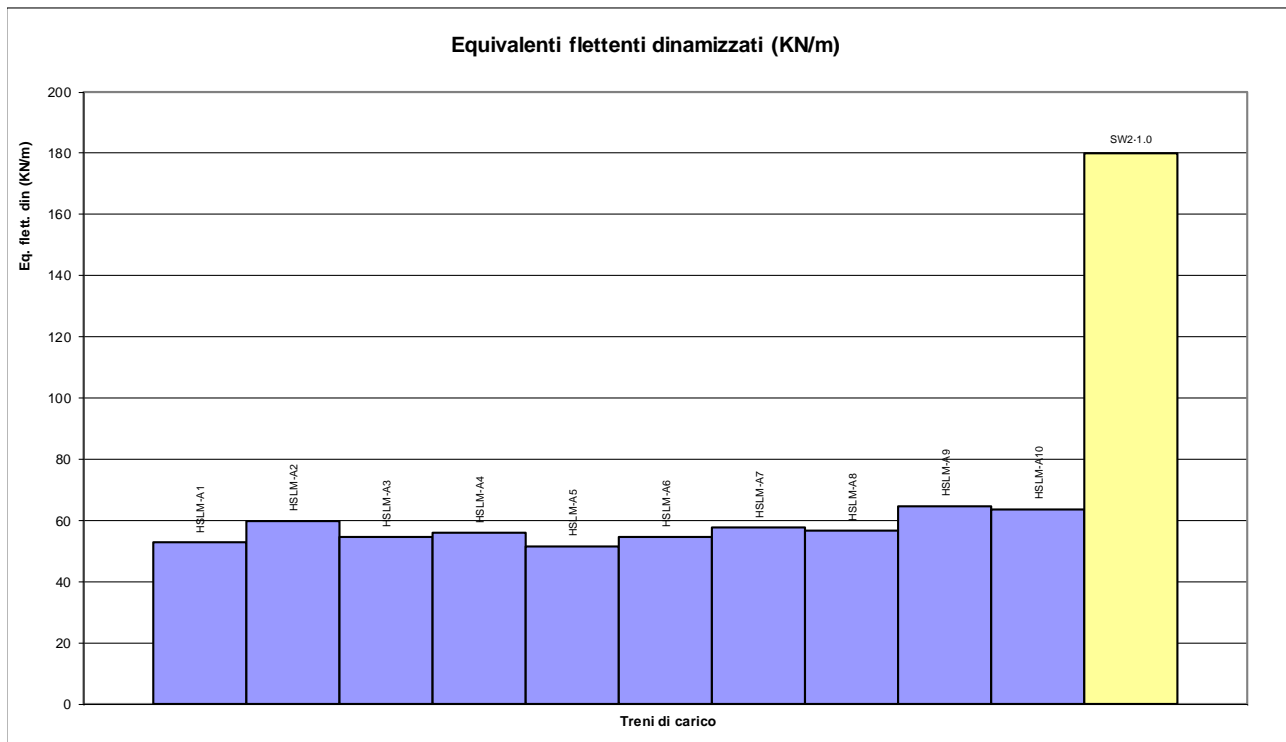
ρ = rapporto tra max equiv. flett. treni T.D.U. din. e carico di progetto din. = **0.359** <1 **OK**

VERIFICA DEFORMABILITA'

SEZIONE ASCISSA m	Cond. statica δ (mm)	$\phi_{din,max}$	Cond. dinamica δ (mm)	
LM71-1.1	5.25	1.202		6.306
HSLM-A1	1.78	1.17	5.17	2.08
HSLM-A2	2.02	1.18	5.24	2.39
HSLM-A3	1.88	1.14	5.17	2.15
HSLM-A4	1.95	1.14	5.25	2.23
HSLM-A5	1.78	1.14	5.17	2.03
HSLM-A6	1.88	1.14	5.17	2.15
HSLM-A7	1.99	1.14	5.17	2.27
HSLM-A8	1.97	1.14	5.22	2.25
HSLM-A9	2.20	1.16	5.17	2.54
HSLM-A10	2.20	1.14	5.17	2.51

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA			
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	177 di 180			

	δ (mm)	$\delta / l = 1 / 3615$	limite $\delta / l = 1 / 1000$	
Freccia verticale massima	6.31	3615	>	1000 CALCOLA



Si deduce dall'analisi effettuata che le sollecitazioni indotte dai treni reali, amplificate dai rispettivi coefficienti dinamici Φ reali, risultano sensibilmente inferiori alle sollecitazioni indotte dai treni di progetto, amplificate dal coefficiente dinamico di progetto Φ_3 . Pertanto si è operato considerando i modelli di carico teorici, così come analizzati nella parte precedente della presente trattazione.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO										
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA					
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	VI.02.17.001	A	178 di 180					

15 INCIDENZE

Di seguito si esplicita l'incidenza relativa agli elementi strutturali dell'opera in esame. L'incidenza di progetto, rispetto al valore di calcolo, è stata amplificata per tener conto delle lunghezze di sovrapposizione dell'armatura.

Elemento	Spessore [m]	Armatura longitudinale				Armatura trasversale				Sommano [kg]	Incidenza di calcolo [kg]	Incidenza di progetto [kg/m ³]
		Lato	Diametro [mm]	N°	Peso [kg/m]	Lato	Diametro [mm]	N°	Peso [kg/m]			
Soletta di impalcato	0.25	LATO A	18	10	19.98	LATO A	12	5	4.44	36.75	147	200
		LATO B	16	5	7.89	LATO B	12	5	4.44			

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. A	PAGINA 179 di 180	

16 INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Vista superiore dell'impalcato tipo	7
Figura 2: Sezione/vista longitudinali dell'impalcato tipo.....	7
Figura 3: Sezione trasversale dell'impalcato tipo.....	8
Figura 4: Sezione trasversale dell'impalcato tipo con barriera antirumore.....	8
Figura 5: Schema di vincolo dell'impalcato tipo	9
Figura 6: Treno di carico LM71.....	18
Figura 7: Distribuzione trasversale dei carichi	19
Figura 8: Treno di carico SW/2.....	20
Figura 9: Sollecitazioni indotte da frenatura e avviamento dei treni	22
Figura 10: Definizione della distanza max a_g e min a_g dall'asse del binario	31
Figura 11: Valori caratteristici delle azioni q_{1k} per superfici verticali parallele al binario – da Fig. 5.2.8 -“Manuale di progettazione delle opere civili”	32
Figura 12: Spettri di risposta elastici_SLV (Componente orizzontale e verticale).....	42
Figura 13: Spettri di risposta elastici_SLC (Componente orizzontale e verticale)	44
Figura 14: Deragliamento al di sopra del ponte – CASO 1.....	47
Figura 15: Deragliamento al di sopra del ponte – CASO 2.....	47
Figura 16: Valori di K_n – Tabella 11.2.Vb del D.M. 14 gennaio 2008	51
Figura 17: Valori di ϵ_{c0} – Tabella 11.2.Va del D.M. 14 gennaio 2008.....	52
Figura 18: Valori dei coefficienti parziali di sicurezza – Tabella 5.2.V del D.M. 14 gennaio 2008	58
Figura 19: Valori dei coefficienti di combinazione– Tabella 5.2.VI del D.M. 14 gennaio 2008 ..	58
Figura 20: Ulteriori valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VII del D.M. 14 gennaio 2008	59
Figura 21: Valutazione dei carichi da traffico – Tabella 5.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008	59
Figura 22: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) Vista dal basso b) Vista dall'alto	64
Figura 23: Condizioni di vincolo – Vista 3D wireframe	65
Figura 24: Condizioni di vincolo – Vista frontale wireframe	65
Figura 25: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione - Tabella 4.1.IV del DM 14.1.200867	
Figura 26: Sghembo ammissibile	70
Figura 27: Massima variazione angolare e minimo raggio di curvatura - Tab. 5.2.VIII del DM 14.1.2008	70
Figura 28: Valori del limite di deformabilità L/δ per il comfort dei passeggeri – da Fig.5.2.1.8.3.2.2-2 del “Manuale di progettazione delle opere civili”	71
Figura 29: Tensioni di ‘spalling’ in presenza di una forza di precompressione eccentrica – Model Code 1990	76
Figura 30: Fenomeno di ‘spreading’.....	76
Figura 31: Parametri per le curve S-N relative agli acciai da precompressione	78

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Impalcato in c.a.p. L = 25.00 m - Relazione di calcolo		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.02.17.001	REV. PAGINA A 180 di 180

Figura 32: Parametri per le curve S-N per l'acciaio ordinario e da precompressione.....	79
Figura 33: Tabelle 2.7.2.3-3 travi in semplice appoggio	80
Figura 34: Peso proprio travi – Momento flettente (kNm)	84
Figura 35: Peso proprio travi – Taglio (kNm)	85
Figura 36: Getto della soletta – Momento flettente (kNm)	86
Figura 37: Getto della soletta – Taglio (kNm)	87
Figura 38: Getto della soletta – Deformata a flessione.....	87
Figura 39: Sovraccarichi permanenti non strutturali – Momento flettente (kNm)	89
Figura 40: Sovraccarichi permanenti non strutturali – Taglio (kNm)	89
Figura 41: Sovraccarichi permanenti non strutturali – Deformata a flessione.....	90
Figura 42: Carichi accidentali (LM71+SW2) – Momento flettente (kNm).....	91
Figura 43: Carichi accidentali (LM71+SW2) – Taglio (kNm)	91
Figura 44: Carichi accidentali (LM71+SW2) – Deformata a flessione	92
Figura 45: Individuazione delle lunghezze di introduzione (L_e) e di trasferimento (L_u)	136
Figura 46: Sezione trave a 236cm dal bordo esterno	137
Figura 47: Schema statico di calcolo e carichi agenti.....	148
Figura 48: Punti di applicazione martinetti per il sollevamento dell'impalcato	154
Figura 49: Modalità di sollevamento e stoccaggio	155
Figura 50: Modalità di trasporto.....	158
Figura 51: Spostamenti dir.-z della struttura in presenza dei treni di carico (m)	160
Figura 52: Spostamenti dir.-z della struttura in presenza del treno LM71 sul singolo binario (m)	161
Figura 53: Schema dei vincoli di appoggio dell'impalcato	162
Figura 54: Andamento delle isostatiche di compressione	166
Figura 55: Curva delle tensioni di trazione trasversale σ_y	167