

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**

IN – INTERFERENZE ED OPERE IDRAULICHE

IN09 – PROLUNGAMENTO TOMBINO AL KM 0+948.63 (PONTICELLO ESISTENTE)

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

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	I	N	0	9	0	0	0	0	1	B	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	DI PLACIDO	14/06/18	MARTUSCELLI	15/06/18	D'ANGELO	15/06/18	MARTUSCELLI
B	EMISSIONE PER RdV	DI PLACIDO	10/09/18	MARTUSCELLI	11/09/18	D'ANGELO	11/09/18	
								12/09/18

File:IF1M.0.0.E.ZZ.CL.IN.09.0.0.001-B

n. Elab.:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
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 Relazione di calcolo impalcato	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.0.9.00.001	REV. B	PAGINA 2 di 87

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>SCOPO DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA DESCRIZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>11</b>
4.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	11
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b> .....	<b>12</b>
5.1	CALCESTRUZZO SOLETTA IMPALCATO $R_{ck} > 40$ MPA (C32/40).....	12
5.2	ACCIAIO D'ARMATURA B450C.....	12
5.3	ACCIAIO DA CARPENTERIA S355 .....	12
5.4	CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI.....	13
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b> .....	<b>14</b>
6.1	CARICHI PERMANENTI .....	14
6.2	AZIONI VARIABILI VERTICALI DA TRAFFICO .....	14
6.2.1	Azioni da traffico ferroviario .....	14
6.2.2	Incremento dinamico .....	15
6.2.3	Contemporaneità dei treni sui binari.....	17
6.2.4	Carichi sui marciapiedi.....	17
6.3	AZIONI VARIABILI ORIZZONTALI DA TRAFFICO .....	17
6.3.1	Forza centrifuga (Q4).....	17
6.3.2	Serpeggio (Q5) .....	18
6.3.3	Frenatura / Avviamento (Q3).....	18

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
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 Relazione di calcolo impalcato	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.0.9.00.001	REV. B	PAGINA 3 di 87

6.4	AZIONE DEL VENTO (Q6) .....	18
6.5	AZIONI DELLA TEMPERATURA.....	19
6.6	AZIONI ECCEZIONALI.....	19
6.6.1	<i>Deragliamenti al di sopra del ponte</i> .....	19
6.7	AZIONI SISMICHE.....	20
<b>7</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>	<b>21</b>
7.1	SIMULTANEITÀ DELLE AZIONI DA TRAFFICO .....	21
7.2	COMBINAZIONI DELLE AZIONI AGLI STATI LIMITE ULTIMI .....	21
7.3	COMBINAZIONI DELLE AZIONI AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO .....	24
<b>8</b>	<b>CRITERI DI VERIFICA .....</b>	<b>25</b>
8.1	CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) PER ELEMENTI IN C.A. ....	25
8.1.1	<i>Criteria di verifica per elementi soggetti a flessione e/o sforzo normale ..</i>	<i>25</i>
8.1.2	<i>Criteria di verifica per elementi soggetti a taglio .....</i>	<i>27</i>
8.2	CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) PER ELEMENTI IN C.A.....	32
8.2.1	<i>Verifiche a fessurazione .....</i>	<i>32</i>
8.2.2	<i>Verifiche tensionali .....</i>	<i>33</i>
8.3	CRITERI DI VERIFICA PER ELEMENTI IN ACCIAIO.....	34
<b>9</b>	<b>MODELLI DI CALCOLO.....</b>	<b>35</b>
9.1	DESCRIZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO.....	35
9.2	CARICHI ASSEGNATI.....	37
9.2.1	<i>Combinazioni.....</i>	<i>41</i>

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
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 Relazione di calcolo impalcato	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.0.9.00.001	REV. B	PAGINA 4 di 87	

<b>10 ANALISI DELLA STRUTTURA.....</b>	<b>46</b>
<b>10.1 SOLLECITAZIONI IMPALCATI .....</b>	<b>46</b>
<b>10.1.1 Sollecitazioni allo SLU.....</b>	<b>46</b>
<b>11 VERIFICHE DI RESISTENZA.....</b>	<b>49</b>
<b>11.1 VERIFICA IN DIREZIONE LONGITUDINALE .....</b>	<b>49</b>
<b>11.2 VERIFICA IN DIREZIONE TRASVERSALE.....</b>	<b>50</b>
<b>12 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ.....</b>	<b>51</b>
<b>12.1 VERIFICA DELLA ROTAZIONE DEGLI APPOGGI .....</b>	<b>51</b>
<b>12.2 VERIFICA DELLO SGHEMBO .....</b>	<b>51</b>
<b>12.3 VERIFICA DELLA FRECCIA PER CARICHI DINAMIZZATI .....</b>	<b>52</b>
<b>13 VERIFICHE SBALZO .....</b>	<b>53</b>
<b>14 REAZIONI AGLI APPOGGI .....</b>	<b>58</b>
<b>14.1 REAZIONI PER SINGOLE CONDIZIONI DI CARICO .....</b>	<b>59</b>
<b>14.2 RIEPILOGO SCARICHI SLU/SLE.....</b>	<b>68</b>
<b>15 RITEGNI .....</b>	<b>75</b>
<b>15.1 RITEGNI LONGITUDINALI .....</b>	<b>75</b>
<b>15.2 RITEGNI TRASVERSALI .....</b>	<b>78</b>
<b>16 VARIE.....</b>	<b>83</b>
<b>16.1 VERIFICA GIUNTI.....</b>	<b>83</b>
<b>16.2 VERIFICA PIASTRA BASE PARAPETTO.....</b>	<b>84</b>
<b>17 CALCOLO INCIDENZA.....</b>	<b>87</b>

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>5 di 87</b>

## 1 **PREMESSA**

La presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche dell'impalcato del ponte ferroviario provvisorio denominato IN09, previsto nell'ambito della "Progettazione esecutiva del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite, relative alla TRATTA NAPOLI - CANCELLO".

L'opera sarà realizzata per consentire i lavori sulla linea Cassino Storica, mantenendo attivo il traffico ferroviario.

Il ponte si sviluppa dalla progressiva 0+947.70 alla progressiva 0+962.13, per una luce netta di 14.43 m, con schema a campata unica.

La tipologia costruttiva dell'impalcato è a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo.

Le analisi, condotte nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti per l'opera, sono state svolte sulla base delle prescrizioni del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e della Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009 n .617 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

Si evidenzia che ai fini dell'analisi dell'impalcato e quindi della determinazione dello stato di sollecitazione e di deformazione per effetto delle azioni di progetto, pur essendo applicabile il metodo semplificato con dimensionamento da tabelle (par. 2.9.3 della *Specifica RFI DTC SICS MA SP IFS 001 A*), si è proceduto ad una modellazione agli elementi finiti della struttura.

Nei paragrafi successivi si riportano le modellazioni, le analisi e le verifiche strutturali condotte.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>6 di 87</b>			

## **2 SCOPO DEL DOCUMENTO**

La presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche dell'impalcato del viadotto ferroviario "SL01" inserito tra la progressiva 0+947.70 alla progressiva 0+962.13.

Nel seguito si riporta:

- La descrizione dell'opera;
- I documenti di riferimento;
- Le caratteristiche dei materiali utilizzati;
- L'analisi dei carichi;
- Le combinazioni di carico;
- I modelli di calcolo;
- L'analisi strutturale;
- Le verifiche di resistenza.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>7 di 87</b>

### **3    DESCRIZIONE DELL'OPERA    DESCRIZIONE DELL'OPERA**

Il viadotto ha una lunghezza complessiva di 15.33 m e presenta un'unica campata con luce di calcolo di 14.43 m e schema in semplice appoggio.

L'impalcato ha una larghezza di 11.60 m, tale da consentire la disposizione nella parte centrale di n. 2 binari (deviazione provvisoria linea Napoli – Cassino) e di due sbalzi alle estremità.

Su ciascuno dei due sbalzi sono presenti cordoli in c.a. di larghezza 0.52 m sui quali è previsto un parapetto metallico.

Dal punto di vista strutturale, la tipologia costruttiva dell'impalcato è a travi in acciaio a doppio T incorporate nel calcestruzzo. Le travi sono costituite da profili laminati HEA800 disposti ad un interasse di 0.42 m, con getto in calcestruzzo, al di sopra della piattabanda, di spessore variabile tra 13.5 cm e 20.5 cm, al fine di garantire la pendenza trasversale dell'1.50%. La parte superiore delle travi è quindi totalmente immersa nel calcestruzzo mentre l'ala inferiore è a vista e trattata con vernice protettiva. Trasversalmente le travi sono collegate da barre passanti attraverso le anime, di diametro  $\phi 22$  e  $\phi 30$ , inoltre, a getto avvenuto, è prevista una post tensione con barre tipo Diwidag.

L'impalcato presenta 22 travi e, in corrispondenza di ciascuna trave, alle due estremità della stessa, sono disposti gli apparecchi di appoggio in gomma armata (elastomeric bearings), che sono quindi in totale 44. Rispetto alle azioni/deformazioni longitudinali e trasversali, lo schema di vincolo è quindi tale da consentire spostamenti in entrambe le direzioni in modo proporzionale alle forze agenti, in funzione della rigidità orizzontale degli apparecchi di appoggio. Vengono inoltre disposti ritegni di sicurezza sia longitudinali che trasversali.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGIO S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>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</b>												
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	<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>IN.0.9.00.001</td> <td>B</td> <td>8 di 87</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B	8 di 87
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B	8 di 87								

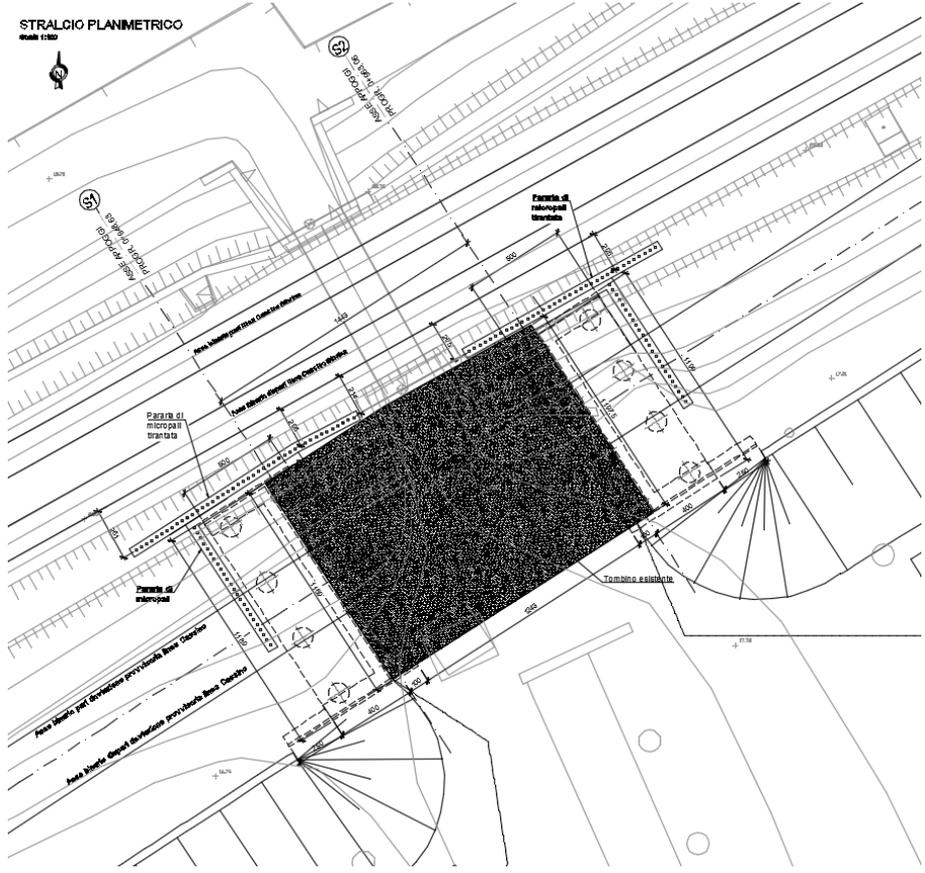


Figura 1 – Stralcio planimetrico

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>9 di 87</b>

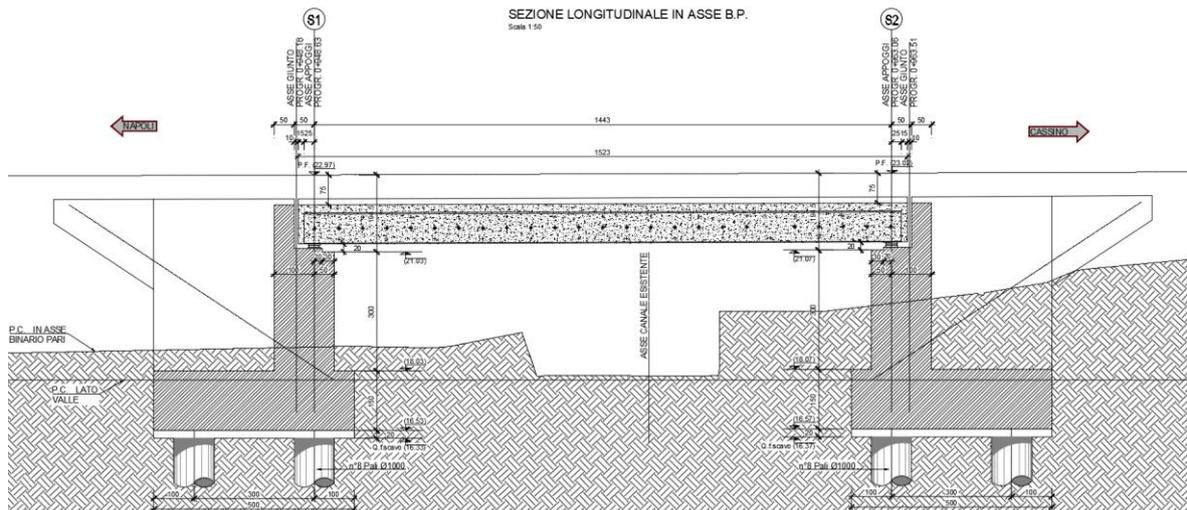


Figura 2 – Sezione longitudinale

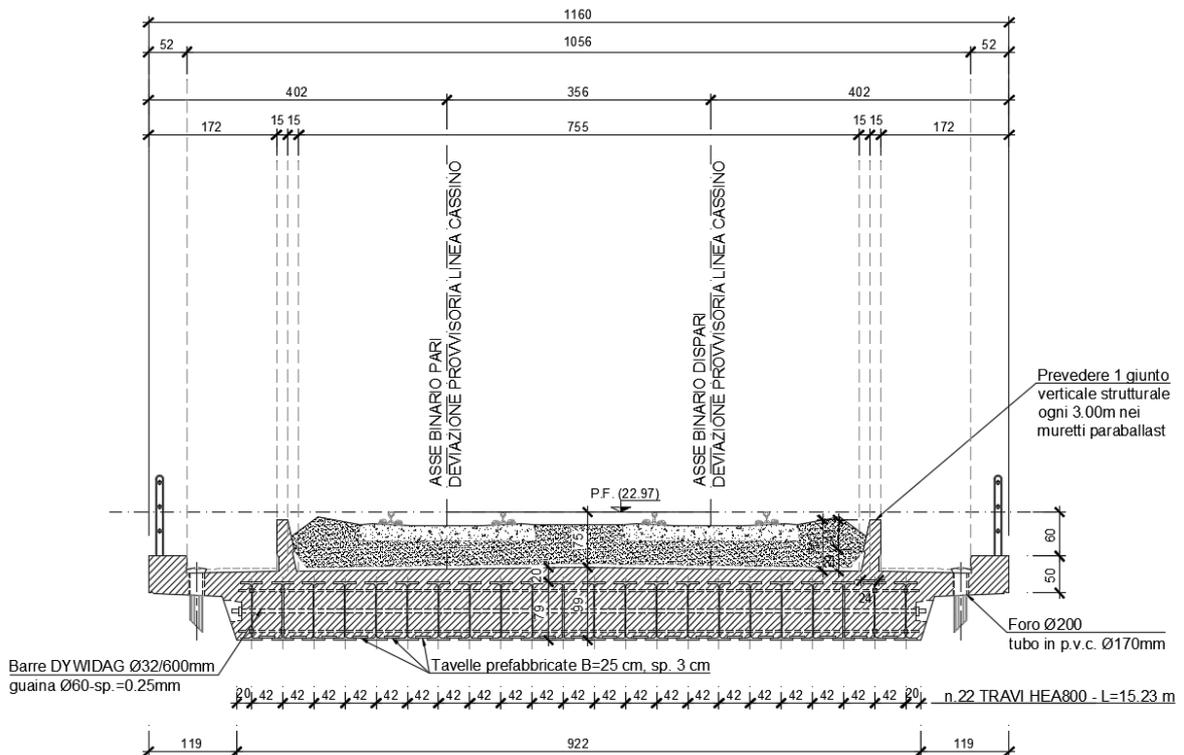
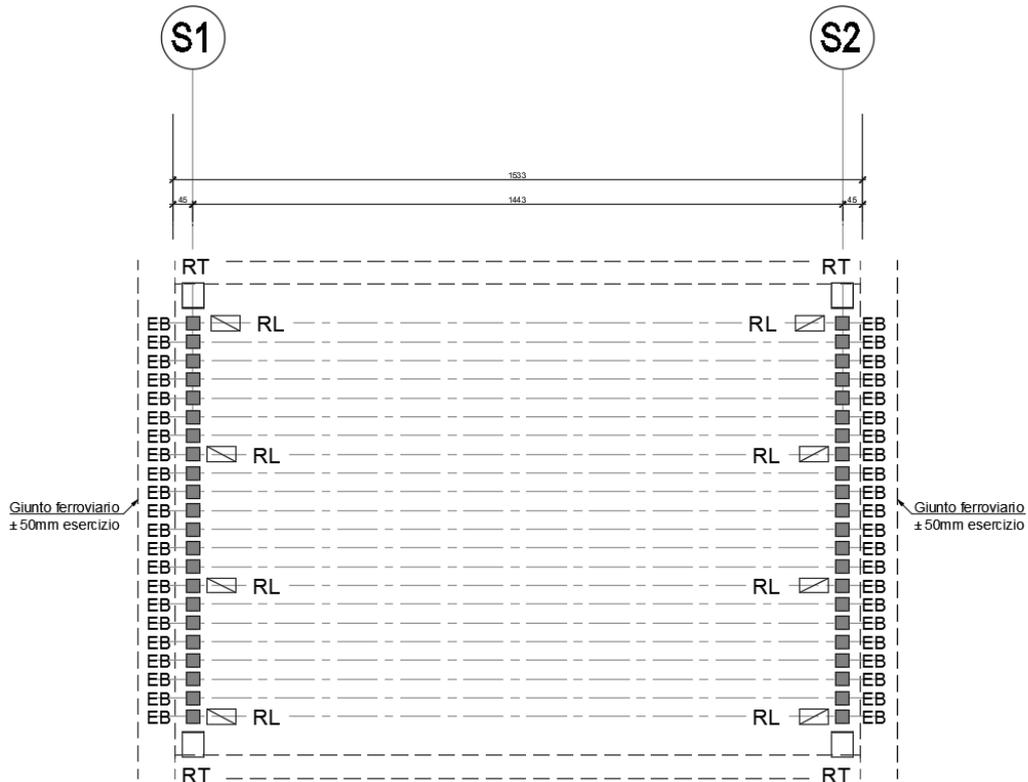


Figura 3 – Sezione trasversale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>10 di 87</b>

**SCHEMA PLANIMETRICO APPOGGI**

Scala 1:100



**LEGENDA**  
**APPARECCHI D'APPOGGIO IN GOMMA ARMATA**  
**(ELASTOMERIC BEARINGS)**

- EB** ■ APPOGGIO IN GOMMA ARMATA (ELASTOMERIC BEARINGS)
- RT** □ RITEGNO SISMICO TRASVERSALE
- RL** ▤ RITEGNO SISMICO LONGITUDINALE

**Figura 4 – Schema apparecchi di appoggio**

Per ulteriori dettagli sulle geometrie delle diverse parti dell'opera si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>11 di 87</b>

## **4    DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

### **4.1    DOCUMENTI REFERENZIATI**

Si riporta nel seguito l'elenco delle normative e delle specifiche, assunti come riferimento per la progettazione:

- 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;
- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- UNI EN 1992-1-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo;
- RFI DTC SI MA IFS 001 A: “Manuale di progettazione delle opere civili” del 30.12.2016;
- RFI DTC INC PO SP IFS-001-A “Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario”;
- RFI DTC INC PO SP IFS 005 A “Specifiche per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprighiunti negli impalcati ferroviari e nei cavalcavia”;
- RFI DTC INC PO SP IFS 006 A “Specifiche per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie”;
- Regolamento (UE) N.129912014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità (STI) per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea;
- Carichi ferroviari conformi alle STI e di conseguenza alle EN 1991-2:2003/AC:2010.



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>13 di 87</b>

momento inerzia:  $J_p = 303442 \text{ cm}^4$   
 modulo resistenza elastico:  $W_p = 7682 \text{ cm}^3$   
 momento statico  $S_{xp} = 4210 \text{ cm}^3$   
 peso unitario:  $P_p = 2.24 \text{ kN/m}$

I tiranti trasversali di collegamento tra le travi sono in acciaio di qualità S235 come definiti dalla UNI EN 10025.

#### 5.4 CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI

In accordo con il D.M. 14/01/2008 (Tabella 4.1.III), in funzione delle condizioni ambientali si definiscono la classe di esposizione del calcestruzzo:

- Soletta di impalcato: XC4;

I copriferri da adottare sono per le barre di armatura sono i seguenti:

- Impalcato: 40 mm

In termini di limiti di apertura delle fessure, alle prescrizioni normative presenti nelle NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal documento RFI DTC SICS MA IFS 001 A – 2.5.1.8.3.2.4 (*Manuale di progettazione delle opere civili del 3/012/2016*) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

L'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

- $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$  per tutte le strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive (così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008), per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta_f \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie.

In definitiva, nel caso in esame, per la soletta di impalcato si adotta il limite  $w_1$  in quanto ricade in condizioni ambientali aggressive (classe XC4).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>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</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV.    PAGINA <b>B        14 di 87</b>

## 6 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si definiscono in dettaglio i carichi considerati per l'analisi dell'opera.

### 6.1 CARICHI PERMANENTI

I pesi propri strutturali e non strutturali agenti sull'impalcato sono riassunti qui di seguito:

#### IMPALCATO

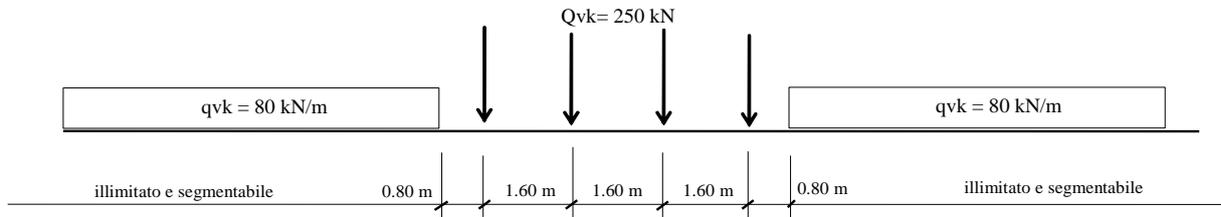
- peso travi in acciaio =  $P_p / i_t = 5.34 \text{ kN/m}^2$
- peso calcestruzzo per annegamento travi =  $23.86 \text{ kN/m}^2$
- peso sbalzo in c.a. ( $s_{p_{medio}} 0.295 \text{ m}$ ) =  $7.38 \text{ kN/m}^2$
- peso permanenti portati (ballast, armamento, ecc) =  $14.4 \text{ kN/m}^2$
- peso muretti paraballast =  $3.58 \times 2 \text{ kN/ml}$
- peso cordolo sullo sbalzo =  $5.73 \times 2 \text{ kN/m}^2$
- peso (ipotetica) barriera =  $18.4 \times 2 \text{ kN/ml}$
- peso finitura sulle banchine =  $1.0 \text{ kN/m}^2$

### 6.2 AZIONI VARIABILI VERTICALI DA TRAFFICO

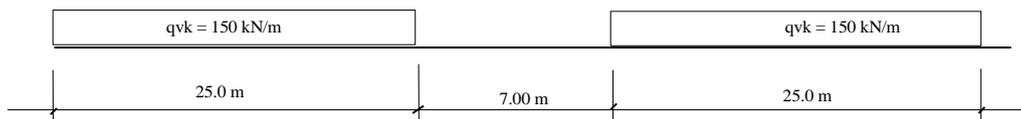
#### 6.2.1 Azioni da traffico ferroviario

Per la valutazione delle azioni da traffico ferroviario sull'impalcato si è fatto riferimento a due distinti modelli di carico "teorici": il primo rappresentativo del traffico normale (modello di carico LM71), il secondo rappresentativo del traffico pesante (modello di carico SW). Si precisa che, in relazione al modello di carico SW, si è fatto riferimento al solo modello di carico SW/2. Il modello SW/0 non è stato utilizzato in quanto la campata dell'impalcato presenta uno schema isostatico.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. PAGINA <b>B 15 di 87</b>



**Figura 5 – Modello di carico LM71**



**Figura 6 – Modello di carico SW/2**

I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai suddetti modelli di carico sono stati moltiplicati per il *coefficiente di adattamento "α"*, per il quale sono stati adottati i seguenti valori (tabella 2.5.1.4.1-1 della *Specifica RFI DTC SICS MA SP IFS 001 A*):

- Modello di carico LM71                      coefficiente  $\alpha = 1.10$
- Modello di carico SW/2                      coefficiente  $\alpha = 1.00$

### **6.2.2 Incremento dinamico**

Trattandosi di ponte con velocità di percorrenza non superiore a 200 Km/h, con frequenza propria della struttura ricadente all'interno del prospetto indicato in figura 5.2.7 del D.M. 14/01/2008, si utilizzano i valori dei coefficienti dinamici definiti al paragrafo 5.2.2.3.3 D.M. 14/01/2008 per linee con ridotto standard manutentivo.

Il coefficiente di incremento dinamico si calcola quindi secondo l'espressione:

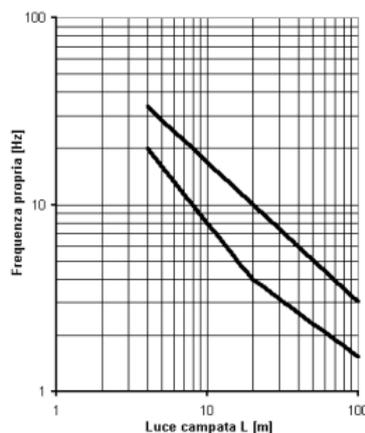
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi - 0,2}} + 0,73 \text{ con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Per la campata con schema isostatico di luce  $L = 14.43$  m, il coefficiente di incremento dinamico vale:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>16 di 87</b>

$$\Phi_3 = 1.33$$

È necessario calcolare la frequenza di vibrazione propria dell'impalcato ai fini di verificare l'affidabilità del coefficiente di incremento dinamico  $\Phi_3$  assunto nei calcoli. Essa consiste nell'accertare che la frequenza propria  $n_0$  sia contenuta all'interno del fuso indicato in Fig. 5.2.7 del D.M. 14/01/2008.



Il limite superiore del fuso è:  $L_{sf} = 94.76 \cdot L_b^{-0.748} = 12.9 \text{ Hz}$

Il limite inferiore del fuso è:  $L_{if} = 80 / L_b = 5.54 \text{ Hz}$ , per  $4 \text{ m} \leq L_b \leq 20 \text{ m}$

La frequenza propria è determinata come:

$$n_0 = 17.75 / (\delta_0)^{0.5}$$

dove:

$\delta_0$  è la freccia massima (espressa in mm) sotto i soli carichi permanenti. Per la deformabilità dell'impalcato, il Manuale RFI prevede di portare in conto la rigidità del sistema misto acciaio-calcestruzzo. La freccia così calcolata è pari a:

$$\delta_0 = 7.31 \text{ mm}$$

Ne consegue che la frequenza propria  $n_0$  è pari a:

$$n_0 = 17.75 / (\delta_0)^{0.5} = 6.57 \text{ Hz}$$

Si hanno i confronti:  $n_0 = 6.57 < 9.39$  (verifica soddisfatta)

$$n_0 = 6.57 > 3.78 \text{ (verifica soddisfatta)}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. PAGINA <b>B 17 di 87</b>

### 6.2.3 Contemporaneità dei treni sui binari

L'analisi dell'impalcato è stata condotta prendendo in esame la contemporaneità di più treni (punto 5.2.3.1.2 del D.M. 14/01/20008) e considerato sia il traffico normale che il traffico pesante.

Tabella 5.2.III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte

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

<sup>(1)</sup> LM71 "+" SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Sono stati esaminati gli schemi previsti in presenza di un numero di binari pari a 2.

Gli effetti delle azioni sono stati valutati considerando i carichi e le forze disposti nelle posizioni più sfavorevoli, al fine di massimizzare le sollecitazioni cercate.

### 6.2.4 Carichi sui marciapiedi

Sui marciapiedi si considera un carico accidentale uniforme pari a 10 kN/m<sup>2</sup> dovuto alla presenza di personale autorizzato. Tale carico non è considerato concomitante con il passaggio dei convogli ferroviari e ad esso non è applicato il coefficiente di incremento dinamico.

## 6.3 AZIONI VARIABILI ORIZZONTALI DA TRAFFICO

### 6.3.1 Forza centrifuga (Q4)

Trattandosi di un impalcato al di sopra del quale i binari presentano un tracciato in rettilineo, le forze centrifughe sono nulle.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
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 Relazione di calcolo impalcato	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.0.9.00.001	REV. B	PAGINA 18 di 87

### 6.3.2 Serpeggio (Q5)

L'azione laterale associata al serpeggio è definita al par. 5.2.2.4.2 del D.M. 14/01/2008, 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. Tale valore deve essere moltiplicato per il coefficiente di adattamento  $\alpha$ .

Azione di serpeggio LM71:  $F_{1,1} = 100 * 1.1 = 110$  kN.

Azione di serpeggio SW/2:  $F_{1,2} = 100$  kN.

### 6.3.3 Frenatura / Avviamento (Q3)

Le azioni di avviamento e frenatura agiscono sulla sommità del binario in direzione longitudinale. I valori caratteristici da considerare sono:

- Avviamento:

$$Q_{1a,k} = 33 \text{ [kN/m]} \times L \text{ [m]} \leq 1000 \text{ KN} \quad \text{per modelli di carico LM71, SW/2}$$

- Frenatura:

$$Q_{1b,k} = 20 \text{ [kN/m]} \times L \text{ [m]} \leq 6000 \text{ KN} \quad \text{per modelli di carico LM71}$$

$$Q_{1b,k} = 35 \text{ [kN/m]} \times L \text{ [m]} \quad \text{per modelli di carico SW/2}$$

Essendo in presenza di 2 binari (par. 5.2.2.4.3 del D.M. 14/01/2008), si considerano due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento, l'altro in fase di frenatura.

I valori caratteristici delle azioni di avviamento e frenatura sono moltiplicati per i coefficienti di adattamento  $\alpha$  ma non per i coefficienti di incremento dinamico  $\Phi$  (par. 2.5.1.4.3.3 della *Specifica RFI DTC SICS MA SP IFS 001 A*).

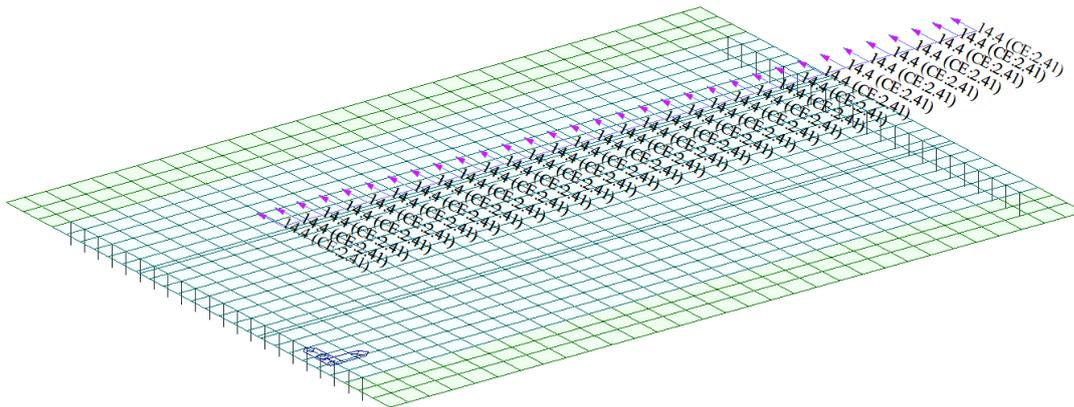
### 6.4 AZIONE DEL VENTO (Q6)

Si applica una azione statica equivalente pari a 2.5 kN/mq. Tale pressione agisce sull'impronta esposta al vento della struttura (comprensiva di barriere antirumore) e del treno, individuato come una superficie piana continua convenzionalmente alta 4 m dal P.F.

Nel modello di calcolo l'azione del vento è stata assegnata come un carico distribuito per unità di lunghezza di valore pari a 14.38 kN/m (superficie totale investita di altezza pari a

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. PAGINA <b>B 19 di 87</b>

5.75 m) applicato con un'eccentricità pari a 2.41 m rispetto al piano baricentrico dell'impalcato.



*Azione del vento applicata nel modello di calcolo dell'impalcato*

## 6.5 AZIONI DELLA TEMPERATURA

Le azioni della temperatura vengono computate assumendo una variazione termica uniforme volumetrica. In particolare, come prescritto al par. 5.2.2.5.2 della Specifica RFI DTC SI PS MA IFS 001 A, in mancanza di studi approfonditi si assume :

- impalcato in struttura mista acciaio-calcestruzzo  $\Delta T = +/- 15 \text{ }^\circ \text{C}$ .

## 6.6 AZIONI ECCEZIONALI

### 6.6.1 Deragliamento al di sopra del ponte

Si considera l'eventualità che un locomotore o un carro pesante deragli, esaminando separatamente le due seguenti situazioni di progetto:

Caso 1: si considerano due carichi verticali lineari  $q_{A1d} = 60 \text{ kN/m}$  (comprensivo dell'effetto dinamico) ciascuno. Tali carichi sono posizionati longitudinalmente su una lunghezza di 6,40 m. Trasversalmente i carichi distano fra loro di S (scartamento del binario) e possono assumere tutte le posizioni comprese entro i limiti indicati in Fig. 5.2.12 del Manuale RFI. Per questa condizione sono tollerati danni locali, purché possano essere facilmente riparati, mentre sono da evitare danneggiamenti delle strutture portanti principali.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impalcato		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.0.9.00.001	REV. PAGINA B 20 di 87
		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				

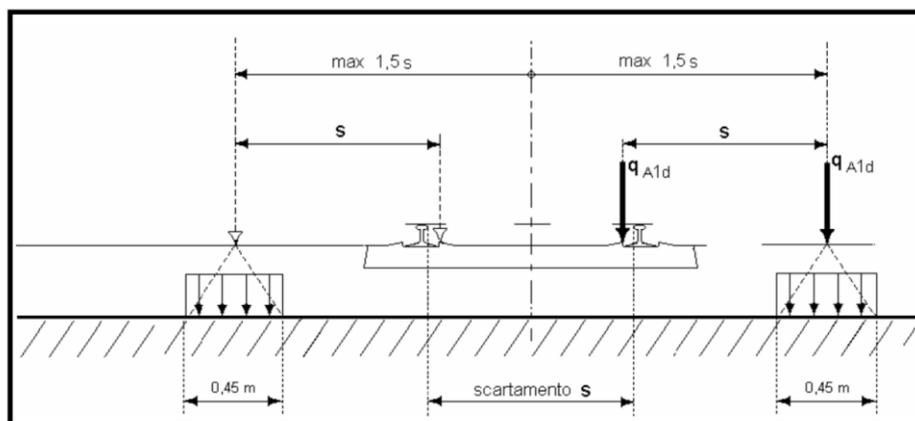


Figura 5.2.12 - Caso 1

Caso 2: si considera un unico carico lineare  $q_{A2d} = 57.14 \text{ kN/m}$  esteso per 20.00 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di 1,5 s rispetto all'asse del binario (Fig. 5.2.13 del Manuale RFI). Per questa condizione convenzionale di carico va verificata la stabilità globale dell'opera, come il ribaltamento d'impalcato, il collasso della soletta, ecc.

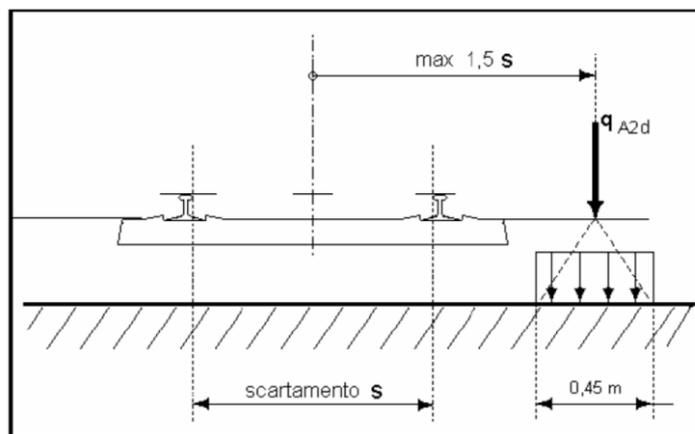


Figura 5.2.13 - Caso 2

## 6.7 AZIONI SISMICHE

Trattandosi di un'opera provvisoria con durata prevista in progetto inferiore a 2 anni, non viene eseguita l'analisi sismica verifiche sismiche (par. 2.4.1 – N.T.C. di cui al D.M. 14.01.2008).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>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</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b> PAGINA <b>21 di 87</b>

## 7 COMBINAZIONI DI CARICO

### 7.1 SIMULTANEITÀ DELLE AZIONI DA TRAFFICO

La simultaneità delle azioni da traffico è tenuta in conto considerando i gruppi di carico definiti nella tabella 5.2.IV del D.M. 14/01/2008. Ciascun gruppo di carico, da considerare come singola azione variabile caratteristica, è combinata con le altre azioni non da traffico.

Tabella 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO Gruppo di carico	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
<b>Gruppo 1</b> (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
<b>Gruppo.2</b> (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
<b>Gruppo 3</b> (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
<b>Gruppo 4</b>	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 ( $\Phi, \alpha$ , 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.

### 7.2 COMBINAZIONI DELLE AZIONI AGLI STATI LIMITE ULTIMI

In base alla vigente normativa, per la definizione delle azioni di calcolo agli stati limite ultimi, a partire dalle condizioni di carico elementari, sono state considerate le seguenti combinazioni delle azioni:

- combinazioni fondamentali delle azioni per le verifiche agli stati limite ultimi:

$$F_d = \gamma_{g1} \cdot G_1 + \gamma_{g2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

- combinazioni sismiche:

$$F_d = E + G_1 + G_2 + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>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</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>22 di 87</b>

avendo assunto per i coefficienti  $\gamma_{g,1}$ ,  $\gamma_{g,2}$  e  $\gamma_{q,i}$  i valori riportati in tabella 5.1.V e per i coefficienti di combinazione  $\Psi_{0i}$  e  $\Psi_{2i}$  quelli riportati nelle tabelle 5.1.VI e 5.1.VII delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.01.2008.

**Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica**

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	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 <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	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 <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> 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.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. PAGINA <b>B 23 di 87</b>
		<b>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</b>				

**Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni.**

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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	$gr_1$	$0,80^{(2)}$	$0,80^{(1)}$	0,0
	$gr_2$	$0,80^{(2)}$	$0,80^{(1)}$	-
	$gr_3$	$0,80^{(2)}$	$0,80^{(1)}$	0,0
	$gr_4$	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  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

**Tabella 5.2.VII - Ulteriori coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni.**

	Azioni	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	$0,80^{(3)}$	<sup>(1)</sup>	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	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>
	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  $\psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>24 di 87</b>

### 7.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per la definizione delle azioni di calcolo agli Stati Limite di Esercizio, a partire dalle condizioni di carico elementari, sono state considerate le seguenti combinazioni delle azioni:

- combinazioni caratteristiche rare:  $F_d = G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$
- combinazioni quasi permanenti:  $F_d = G_1 + G_2 + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	<b>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</b>			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impalcato	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.0.9.00.001	REV. B	PAGINA 25 di 87

## 8 CRITERI DI VERIFICA

### 8.1 CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) PER ELEMENTI IN C.A.

#### 8.1.1 Criteri di verifica per elementi soggetti a flessione e/o sforzo normale

Per la valutazione della resistenza ultima delle sezioni di elementi monodimensionali in c.a. nei confronti di flessione e sforzo normale, si adottano le seguenti ipotesi:

- conservazione delle sezioni piane;
- perfetta aderenza acciaio-calcestruzzo;
- resistenza a trazione del calcestruzzo trascurabile;
- rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima;

Le tensioni nel calcestruzzo e nell'armatura sono dedotte, a partire dalle deformazioni, utilizzando i rispettivi diagrammi tensione-deformazione.

Per il calcestruzzo si adopera un diagramma di calcolo tensione-deformazione di tipo parabola-rettangolo.

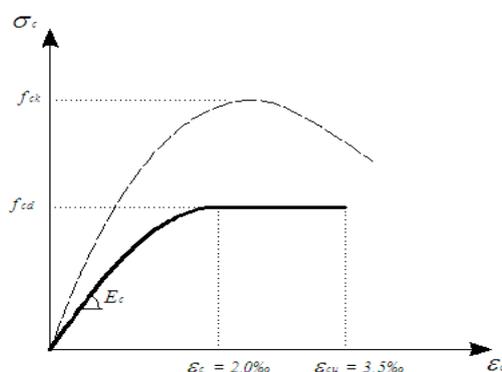


Figura 7 – Diagramma tensione-deformazione di progetto del calcestruzzo

La resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo  $f_{cd}$  è:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. PAGINA <b>B 26 di 87</b>

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

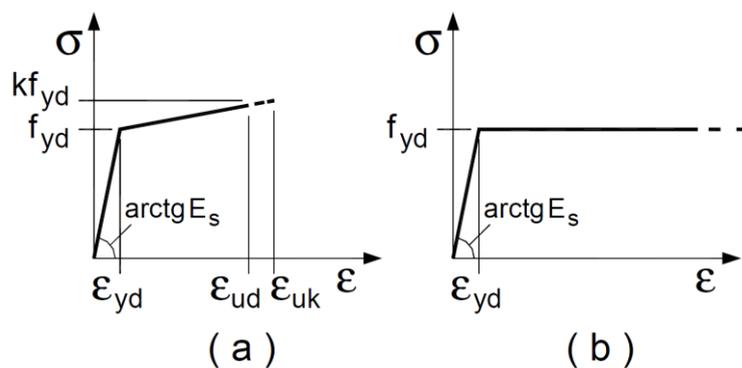
In cui:

$\alpha_{cc}$  è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata ed è pari a 0.85;

$f_{ck}$  è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni;

$\gamma_c$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo ed è pari a 1.5.

Per le armature in acciaio si assume un diagramma di calcolo tensione-deformazione bilineare finito con incrudimento (a), o (b) elastico-perfettamente plastico indefinito.



La resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio  $f_{yd}$  è:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

in cui:

$f_{yk}$  è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio;

$\gamma_s$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio ed assume il valore 1.15.

Con riferimento alla sezione soggetta a sforzo normale e momento flettente, la verifica di resistenza (SLU) si esegue controllando che:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
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 Relazione di calcolo impalcato	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.0.9.00.001	REV. B	PAGINA 27 di 87

$$M_{Rd} = M_{Rd} (N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove:

$M_{Rd}$  è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$ ;

$N_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

$M_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

### 8.1.2 Criteri di verifica per elementi soggetti a taglio

#### 8.1.2.1 Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

Per elementi sprovvisti di armature trasversali resistenti a taglio, la resistenza a taglio  $V_{Rd}$  viene valutata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

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

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

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

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

con:

$$k = 1 + \left( \frac{200}{d} \right)^{\frac{1}{2}} \leq 2;$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}};$$

e dove:

$d$  è l'altezza utile della sezione;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>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</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>28 di 87</b>

$\rho_l = \frac{A_{sl}}{(b_w \cdot d)}$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale;

$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c}$  è la tensione media di compressione della sezione;

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

In corrispondenza degli appoggi, è necessario disporre un quantitativo di armatura longitudinale a cui affidare l'assorbimento degli sforzi provocati dal taglio dovuti all'inclinazione (assunta pari a 45°) delle fessure rispetto all'asse della trave.

#### 8.1.2.2 *Elementi con armature trasversali resistenti a taglio*

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio viene valutata sulla base di un'adeguata schematizzazione a traliccio. 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;

$V_{Rd}$  è il valore della resistenza a taglio dell'elemento assunto pari al minore tra la resistenza di calcolo a "taglio trazione" e la resistenza di calcolo a "taglio compressione".

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

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \text{sen } \alpha$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>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</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>29 di 87</b>

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta)}{1 + \operatorname{ctg} \theta^2}$$

dove:

$A_{sw}$  è l'area dell'armatura trasversale;

$s$  è l'interasse tra due armature trasversali consecutive;

$\alpha$  è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

$\theta$  è l'inclinazione dei puntoni compressi in cls rispetto all'asse della trave e deve essere tale da rispettare i seguenti limiti:

$$1 \leq \operatorname{cotg} \theta \leq 2.5$$

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

$\alpha_c$  è un coefficiente maggiorativo pari ad 1 per membrature non compresse.

### 8.1.2.3 Resistenza di elementi tozzi, nelle zone diffusive e nei nodi

Il D.M. 2008 al punto 4.1.2.1.5 precisa che le verifiche di sicurezza possono essere condotte con riferimento a schematizzazioni basate sull'individuazione di tiranti e puntoni.

Le verifiche di sicurezza dovranno necessariamente essere condotte nei riguardi di:

- -resistenza dei tiranti costituiti dalle sole armature ( $R_s$ );
- -resistenza dei puntoni di calcestruzzo compresso ( $R_c$ );
- -ancoraggio delle armature ( $R_b$ );
- -resistenza dei nodi ( $R_n$ );

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	<b>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</b>			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impalcato	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.0.9.00.001	REV. B	PAGINA 30 di 87

Si rimanda ai paragrafi relativi a tali specifiche verifiche per i necessari riferimenti normativi (par. C.4.1.2.1.5 Circ. 617/2009).

#### 8.1.2.4 Resistenza nei confronti di sollecitazioni torcenti

Per la verifica di elementi strutturali soggetti a sollecitazioni torcenti deve risultare:

$$T_{Rd} \geq T_{Ed}$$

in cui:

$T_{Ed}$  rappresenta il valore di calcolo del momento torcente;

$T_{Rd}$  rappresenta la resistenza di calcolo alla torsione.

Per elementi prismatici sottoposti a torsione semplice o combinata con altre sollecitazioni, che abbiano sezione piena o cava, lo schema resistente è costituito da un traliccio periferico in cui gli sforzi di trazione sono affidati alle armature longitudinali e trasversali ivi contenute e gli sforzi di compressione sono affidati alle bielle di calcestruzzo.

Per questo schema resistente la resistenza di calcolo alla torsione può essere definita come la minore tra le resistenze valutate rispettivamente con riferimento al calcestruzzo, all'armatura trasversale e all'armatura longitudinale:

$$T_{Rd} = \min(T_{Rcd}; T_{Rsd}; T_{Rld})$$

*-Verifica a torsione - compressione del conglomerato*

Con riferimento al calcestruzzo, la resistenza di calcolo si definisce come:

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

dove  $A$  è l'area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>31 di 87</b>

$t$  è lo spessore del profilo periferico che, per sezioni piene, si assume pari al rapporto tra l'area della sezione  $A_c$  ed il suo perimetro  $u$ .

#### 8.1.2.5 -Verifica a torsione – trazione dell'armatura trasversale

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo si definisce come:

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A \cdot \frac{A_s}{s} \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta$$

dove  $A_s$  è l'area dell'armatura trasversale (staffe);

$s$  è il passo delle staffe.

#### -Verifica a torsione – trazione dell'armatura longitudinale

Con riferimento all'armatura longitudinale, la resistenza di calcolo si definisce come:

$$T_{Rld} = 2 \cdot A \cdot \frac{\sum A_l}{u_m} \cdot f_{yd} / ctg\theta$$

dove

$\sum A_l$  è l'area complessiva delle barre longitudinali;

$u_m$  è il perimetro medio del nucleo resistente.

L'inclinazione delle bielle compresse di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$0.4 \leq ctg\theta \leq 2.5$$

Nel caso in cui si riscontri la presenza di azioni torcenti significative ai fini della stabilità e del collasso di parti dell'opera, è necessario integrare le armature longitudinali, derivanti dalle verifiche di presso flessione, con le barre derivanti dal calcolo a torsione.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>32 di 87</b>

Per quanto riguarda la crisi lato calcestruzzo, nel caso di presenza simultanea di sollecitazioni taglianti e torcenti, si dovrà verificare che:

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1$$

al fine di limitare lo stato di lavoro delle bielle compresse.

## **8.2 CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) PER ELEMENTI IN C.A.**

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato.

### **8.2.1 Verifiche a fessurazione**

In accordo con il documento RFI DTC SICS MA IFS 001 A – 2.5.1.8.3.2.4 (*Manuale di progettazione delle opere civili del 29/12/2015*) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

L'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

- $\delta f \leq w1=0.2 \text{ mm}$  per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta f \leq w2=0.3 \text{ mm}$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2018

In ogni caso devono essere condotte le verifiche a fessurazione mediante "calcolo diretto", ai sensi del DM 14.1.2018, p.to. 4.1.2.2.4.6.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>33 di 87</b>

In definitiva, nel caso in esame, si adotta il limite  $w_1$  sia per le elevazioni, che per pali e plinti in quanto le prime ricadono in condizioni ambientali aggressive (classe XC4), mentre i secondi sono elementi a permanente contatto con il terreno.

### 8.2.2 Verifiche tensionali

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario RFI DTC SI MA IFS 001 A ", ovvero:

- *Tensioni di compressione del calcestruzzo*

$\sigma_c < 0.55 f_{ck}$     allo Stato Limite di Esercizio in condizioni Rare;

$\sigma_c < 0.40 f_{ck}$     allo Stato Limite di Esercizio in condizioni Quasi Permanenti;

Per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

- *Tensioni di trazione nell'acciaio*

$\sigma_s < 0.75 f_{yk}$     allo Stato Limite di Esercizio in condizioni Rare.

Per il caso in esame risulta in particolare:

- **CALCESTRUZZO C32/40**

$\sigma_{cmax\ QP} = (0,40 f_{ck}) = 13.28 \text{ MPa}$  (Combinazione di Carico Quasi Permanente)

$\sigma_{cmax\ R} = (0,55 f_{ck}) = 18.26 \text{ MPa}$  (Combinazione di Carico Caratteristica - Rara)

- **ACCIAIO**

$\sigma_{s\ max} = (0,75 f_{yk}) = 337.5 \text{ MPa}$  Combinazione di Carico Caratteristica (Rara)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B	34 di 87

### 8.3 CRITERI DI VERIFICA PER ELEMENTI IN ACCIAIO

Le verifiche sono svolte utilizzando il metodo elastico, controllando la tensione ideale con il seguente criterio:

$$\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed} \cdot \sigma_{x,Ed} + 3 \cdot \tau_{Ed}^2 \leq \left( f_{yk} / \gamma_{M0} \right)^2.$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>35 di 87</b>

## 9    **MODELLI DI CALCOLO**

### 9.1    **DESCRIZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO**

L'analisi strutturale dell'impalcato è stata condotta mediante una modellazione agli elementi finiti con l'utilizzo del software di calcolo *Midas Gen* prodotto da *Midas Information Technology Co., Ltd.*

Trattandosi di impalcato a travi incorporate, essi sono stati modellati mediante elementi bidimensionali di tipo "plate" in grado di simulare il comportamento di una piastra ortotropa. In direzione longitudinale è stato infatti assegnato ai plate uno spessore equivalente ottenuto imponendo l'uguaglianza tra l'inerzia della sezione mista e quella di una sezione equivalente in calcestruzzo, assumendo un coefficiente di omogeneizzazione  $n=6$ ; in direzione trasversale è stato invece assegnato lo spessore reale della sezione in calcestruzzo. Agli elementi plate è stato inoltre assegnato un materiale "concrete" (calcestruzzo) con peso dell'unità di volume equivalente pari a  $29.20 \text{ kN/m}^3$  al fine conferire all'impalcato un peso equivalente a quello della sezione mista.

I dispositivi di appoggio sono stati modellati con vincoli elastici nelle 3 direzioni al fine di simulare la tipologia dei dispositivi utilizzati (appoggi in gomma armata – elastomeric bearings).

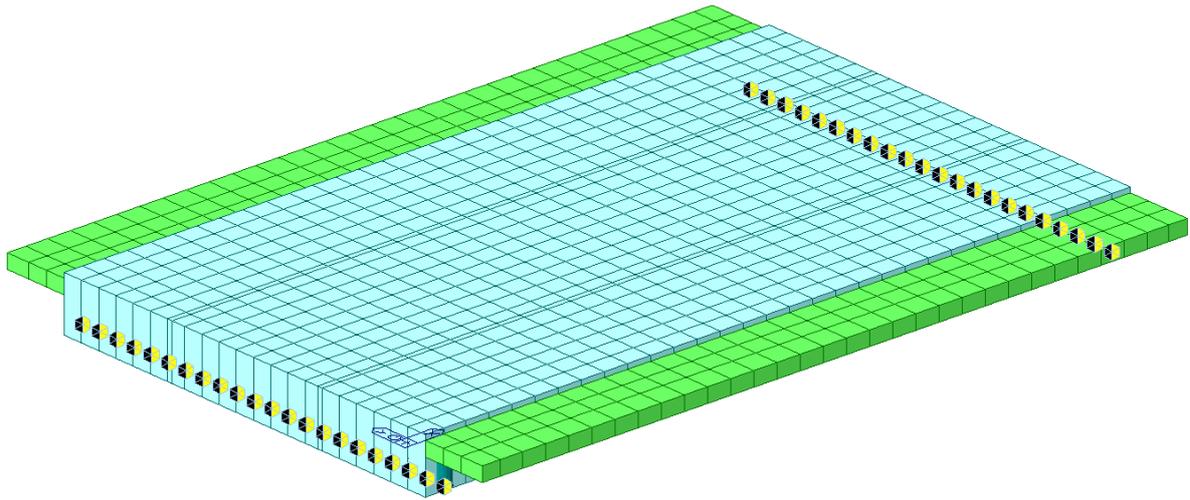
Il collegamento tra la mezzera della soletta di impalcato ed i dispositivi di appoggio è stato realizzato mediante l'inserimento di elementi verticali rigidi.

I risultati ottenuti sono stati validati mediante verifiche manuali e confronti con risultati ottenuti su modelli semplificati.

Si precisa che, in accordo con il Manuale RFI, i muretti paraballast sono giuntati ogni 3 m. Tali elementi, pertanto, non contribuiscono all'inerzia flessionale dell'impalcato.

Si riportano alcune immagini del modello di calcolo implementato.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>IN.0.9.00.001</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>PAGINA</b> <b>36 di 87</b>



**Figura 8 – Vista 3D del modello di calcolo dell'impalcato**

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
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 Relazione di calcolo impalcato	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.0.9.00.001	REV. B	PAGINA 37 di 87

## 9.2 CARICHI ASSEGNATI

Il peso proprio degli elementi resistenti dell'impalcato è calcolato in automatico dal software di calcolo a partire dalla geometria e dal peso dei materiali assegnati. In particolare, per la definizione del solettone, è stato definito un materiale che tenga conto del peso calcestruzzo armato e delle travi in esso annegate. Il peso specifico equivalente della struttura risulta pari a  $29.20 \text{ kN/m}^3$

Le azioni permanenti e le azioni da traffico ferroviario sono assegnate come carichi per unità di superficie (*pressure loads*). Si evidenzia che per le azioni da traffico si è considerato l'effetto della diffusione delle azioni attraverso il ballast e attraverso la soletta di impalcato (fino a quota piano medio della stessa), secondo quanto riportato al par. 5.2.2.3.1.4 del D.M. 14/01/2008.

Più in dettaglio per la distribuzione delle azioni da traffico attraverso il ballast si è fatto riferimento alle seguenti indicazioni

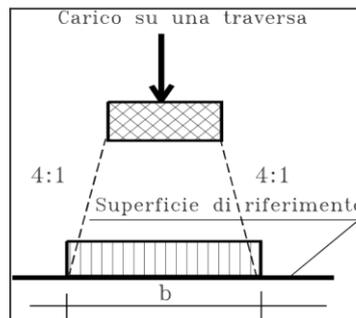


Figura 5.2.4 - Distribuzione longitudinale dei carichi attraverso il ballast.

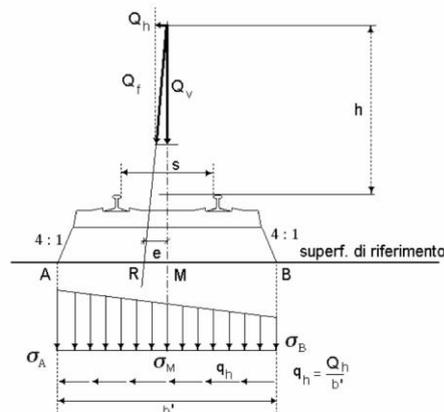
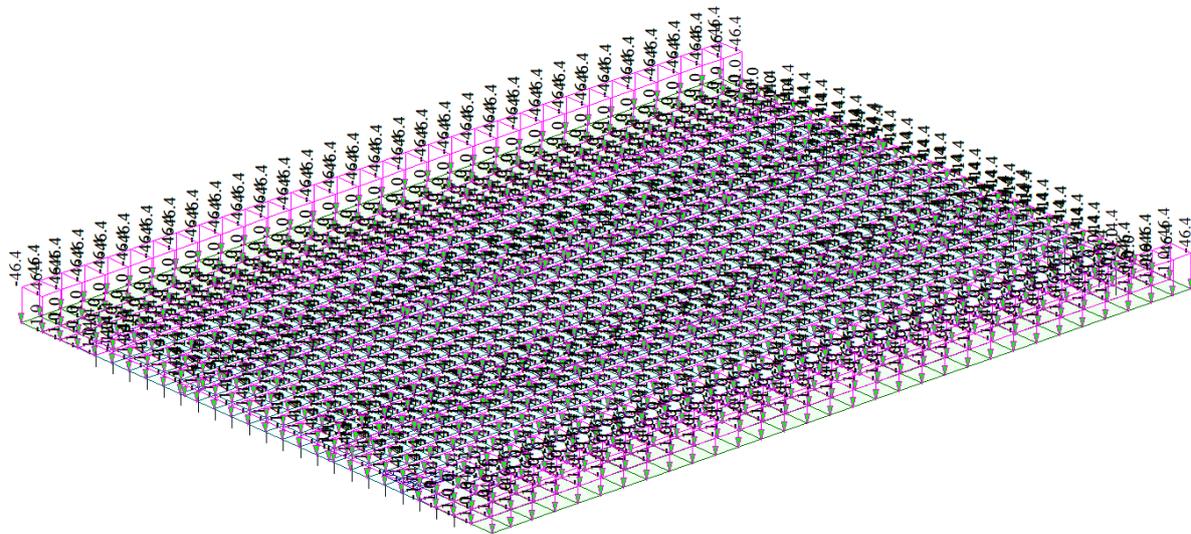


Figura 5.2.5 - Distribuzione trasversale in rettangolo delle azioni per mezzo delle traverse e del ballast

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B	38 di 87

mentre per la diffusione attraverso la soletta si è considerata una ripartizione a 45° dalla superficie di estradosso fino al piano medio della soletta stessa.

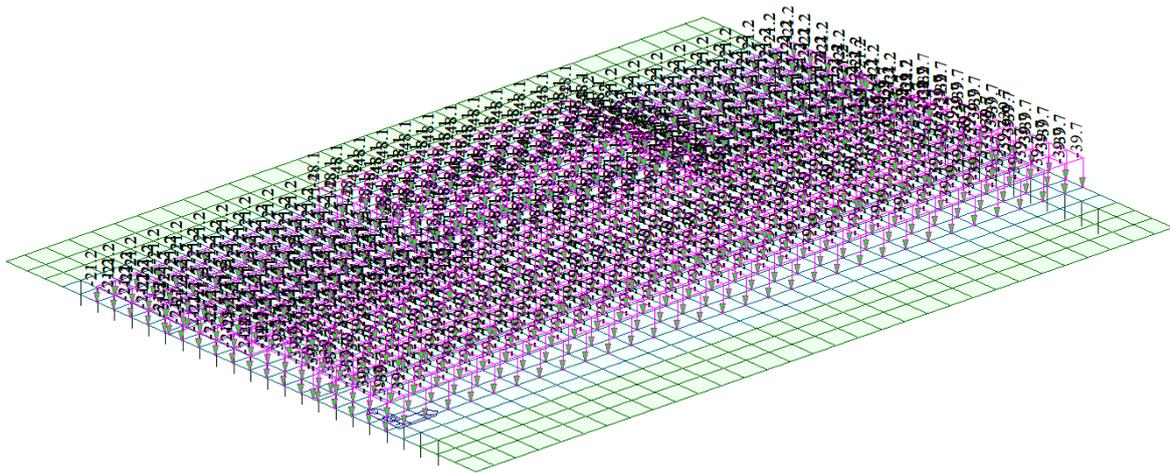
Si precisa che i muretti paraballast, sono giuntati ogni 3m, per cui costituiscono solo un peso applicato.



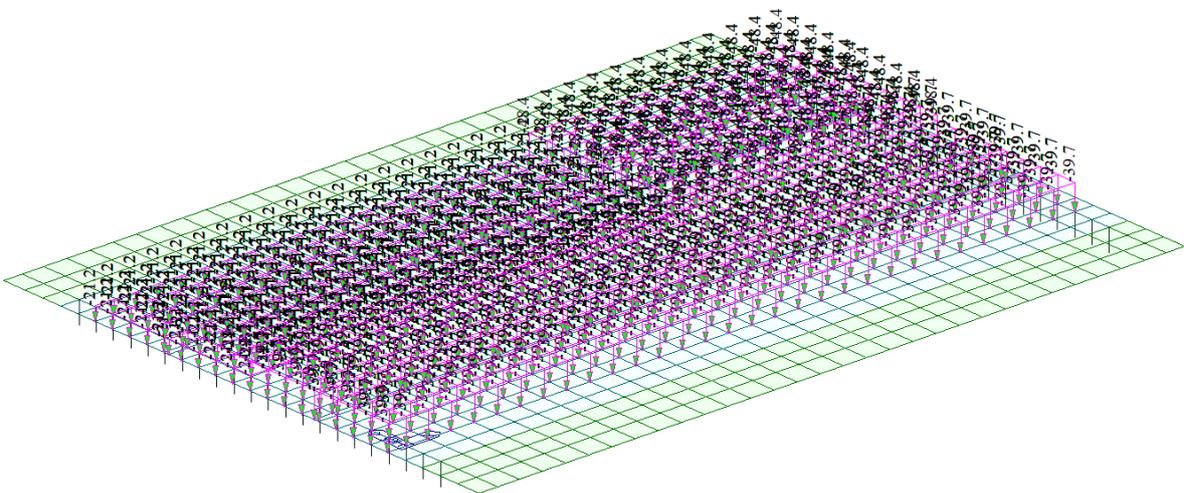
**Figura 9 – Azioni permanenti G2 assegnate all'impalcato**

Per le azioni da traffico sono state considerate diverse configurazioni dei carichi al fine di massimizzare gli effetti in termini di momento flettente massimo in mezzera, taglio massimo agli appoggi e sforzo normale massimo negli apparecchi di appoggio. Si riportano di seguito alcune delle configurazioni di carico considerate.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>39 di 87</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>								

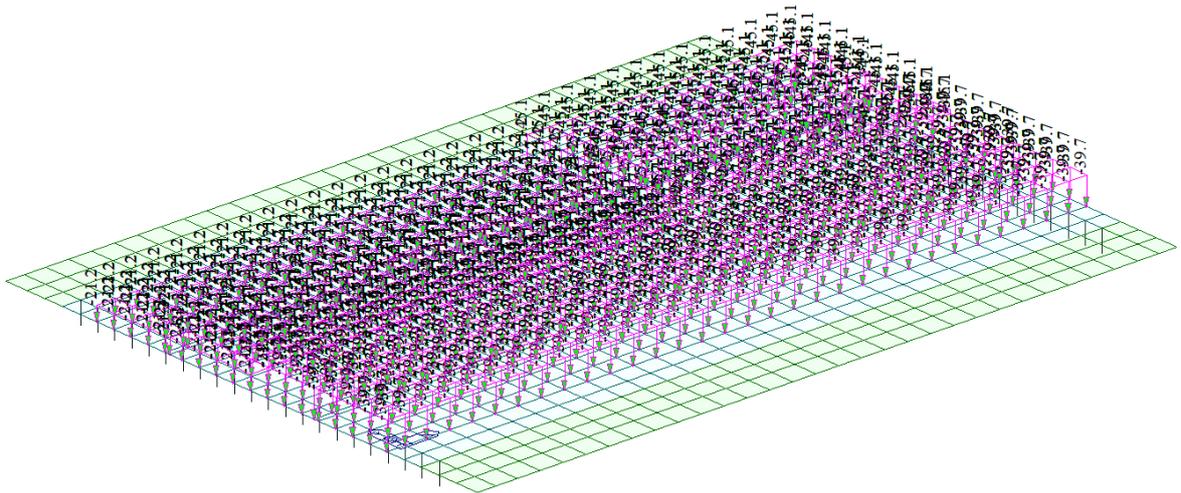


**Figura 10 – Configurazione tipo delle azioni da traffico per massimizzare il momento flettente sull'impalcato**



**Figura 11 – Configurazione tipo delle azioni da traffico per massimizzare il taglio all'appoggio (lato spalla S2) sull'impalcato**

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<p align="center"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>  <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p align="center"><b>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</b></p>												
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>												
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	<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>IN.0.9.00.001</td> <td>B</td> <td>40 di 87</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B	40 di 87
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B	40 di 87								



**Figura 12 – Configurazione tipo delle azioni da traffico per massimizzare lo sforzo normale negli apparecchi di appoggio (lato spalla S2) sull'impalcato (retrotrave carico)**

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>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</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>41 di 87</b>

### 9.2.1 Combinazioni

Per l'assegnazione dei carichi agenti sulla struttura, sono state definite all'interno del modello di calcolo le seguenti condizioni elementari di carico:

- $G_1$  pesi propri delle strutture resistenti;
- $G_2$  carichi permanenti non strutturali;
- $Q_{1, Nmax}$  azioni da traffico ferroviario che massimizzano gli sforzi assiali sugli apparecchi di appoggio;
- $Q_{1, Mmax}$  azioni da traffico ferroviario che massimizzano i momenti flettenti sull'impalcato;
- $Q_{1, Vmax}$  azioni da traffico ferroviario che massimizzano gli sforzi di taglio sull'impalcato;
- $Q_i$  azioni da frenatura e/o avviamento;
- $Q_s$  azioni trasversale dovuta al serpeggio;
- $Q_{5-vento}$  azione del vento;
- $DT$  variazione termica;

Sulla base di quanto detto nei paragrafi precedenti, gli effetti dovuti alle singole condizioni di carico sono stati combinati dando luogo alle seguenti combinazioni delle azioni:

LIST OF LOAD COMBINATIONS

```

=====
NUM  NAME          ACTIVE          TYPE
=====
                                LOADCASE (FACTOR) +          LOADCASE (FACTOR) +          LOADCASE (FACTOR)
=====
1    Q1 inv+din    Active          Envelope
                                Q1_1 Mmax ( 1.330) +          Q1_2 Mmax ( 1.330) +          Q1_3 Mmax ( 1.330)

```

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. PAGINA <b>B 42 di 87</b>

+ Q1\_1 Nmax ( 1.330) + Q1\_2 Nmax ( 1.330) + Q1\_3 Nmax ( 1.330)

+ Q1\_1 Vmax ( 1.330) + Q1\_2 Vmax ( 1.330) + Q1\_3 Vmax ( 1.330)

-----

2 - Q1 Fren Active Add  
Q1\_1 - Fren/avviam(-1.000)

-----

3 +-Q1 Fren Active Envelope  
Q1\_1 - Fren/avviam( 1.000) + - Q1 Fren( 1.000)

-----

4 Gr1 Active Add  
Q1 inv+din( 1.000) + +-Q1 Fren( 0.500) + Qt-F centrifuga( 1.000)  
+ Qs-Serpeggio( 1.000)

-----

5 Gr3 Active Add  
Q1 inv+din( 1.000) + Qt-F centrifuga( 0.500) + Qs-Serpeggio( 0.500)  
+ - Q1 Fren( 1.000)

-----

6 -DT Active Add  
DT(-1.000)

-----

7 +-DT Active Envelope  
DT( 1.000) + -DT( 1.000)

-----

8 SLU1 Active Add  
G1( 1.000) + G2( 1.000) + Q5-vento( 1.500)  
+ +-DT( 0.900)

-----



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B 44 di 87

-----						
16	SLER3	Active	Add			
		G1 ( 1.000) +		G2 ( 1.000) +		Q5-vento ( 1.000)
	+	+DT ( 0.600)				
-----						
17	SLER4	Active	Add			
		G1 ( 1.000) +		G2 ( 1.000) +		Q5-vento ( 0.600)
	+	Gr1 ( 0.800) +		+DT ( 1.000)		
-----						
18	SLER5	Active	Add			
		G1 ( 1.000) +		G2 ( 1.000) +		Q5-vento ( 0.600)
	+	Gr3 ( 0.800) +		+DT ( 1.000)		
-----						
19	SLEF1	Active	Add			
		G1 ( 1.000) +		G2 ( 1.000) +		Gr1 ( 0.600)
	+	+DT ( 0.500)				
-----						
20	SLEF2	Active	Add			
		G1 ( 1.000) +		G2 ( 1.000) +		Gr3 ( 0.600)
	+	+DT ( 0.500)				
-----						
21	SLEF3	Active	Add			
		G1 ( 1.000) +		G2 ( 1.000) +		Q5-vento ( 0.500)
	+	+DT ( 0.500)				
-----						
22	SLEF4	Active	Add			
		G1 ( 1.000) +		G2 ( 1.000) +		+DT ( 0.600)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. PAGINA <b>B 45 di 87</b>

-----						
23	SLE-QP	Active	Add			
		G1 ( 1.000) +		G2 ( 1.000) +		+-DT ( 0.500)
-----						
24	INV SLU-stat	Active	Envelope			
		SLU1 ( 1.000) +		SLU2 ( 1.000) +		SLU3 ( 1.000)
	+	SLU4 ( 1.000) +		SLU5 ( 1.000) +		SLU6 ( 1.000)
-----						
25	INV SLE-R	Active	Envelope			
		SLER1 ( 1.000) +		SLER2 ( 1.000) +		SLER3 ( 1.000)
	+	SLER4 ( 1.000) +		SLER5 ( 1.000)		
-----						
26	INV SLE-F	Active	Envelope			
		SLEF1 ( 1.000) +		SLEF2 ( 1.000) +		SLEF3 ( 1.000)
	+	SLEF4 ( 1.000)				
-----						

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>46 di 87</b>

## 10 ANALISI DELLA STRUTTURA

### 10.1 SOLLECITAZIONI IMPALCATI

Si riportano di seguito, le sollecitazioni più gravose allo stato limite ultimo SLU ed allo stato limite di esercizio SLE utilizzate nelle verifiche degli elementi strutturali costituenti l'impalcato.

#### 10.1.1 Sollecitazioni allo SLU

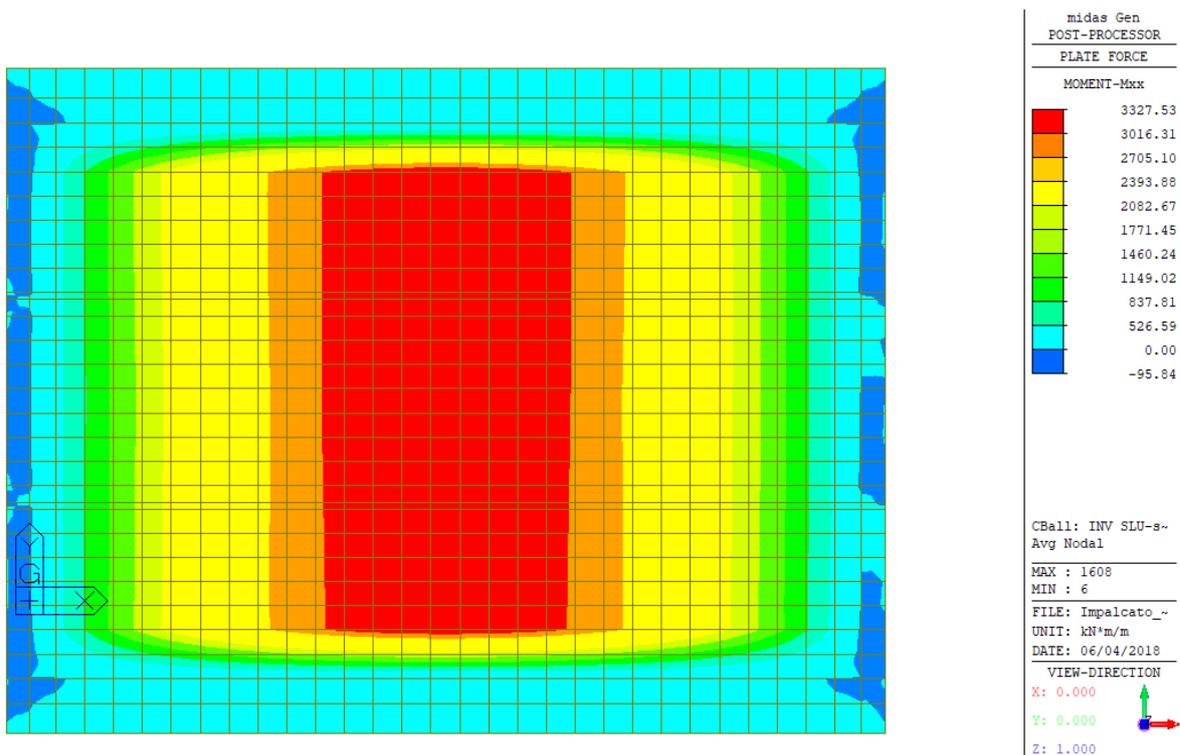


Figura 13 – Momenti flettenti Mxx sull'impalcato – INV\_SLU

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>47 di 87</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>								

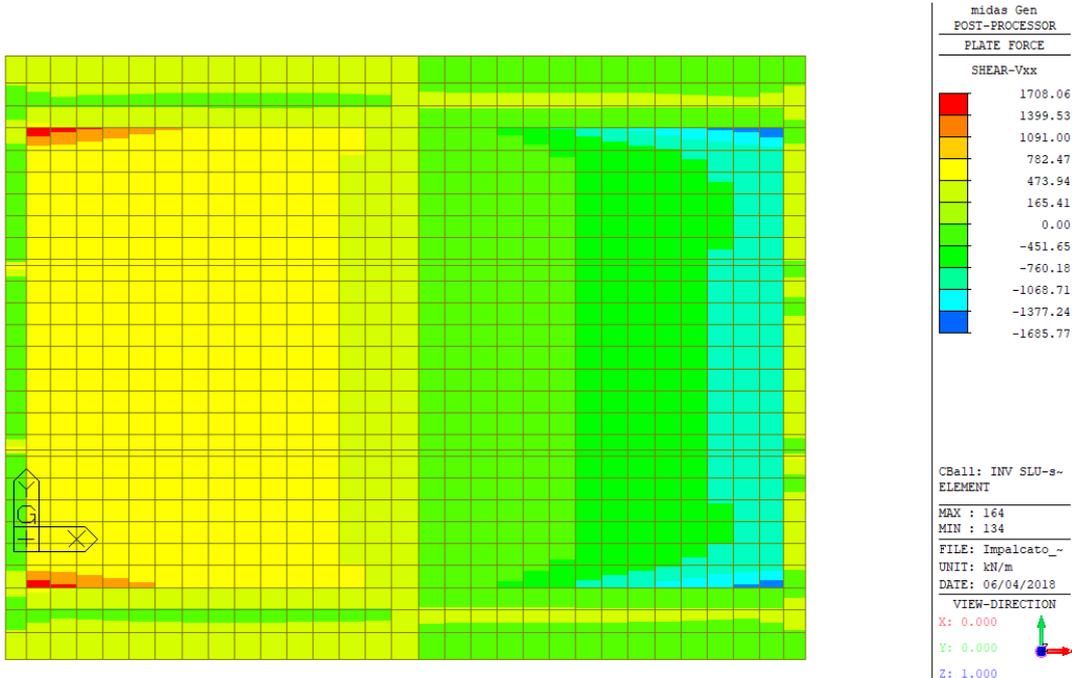


Figura 14 – Tagli Vxx sull'impalcato – INV\_SLU

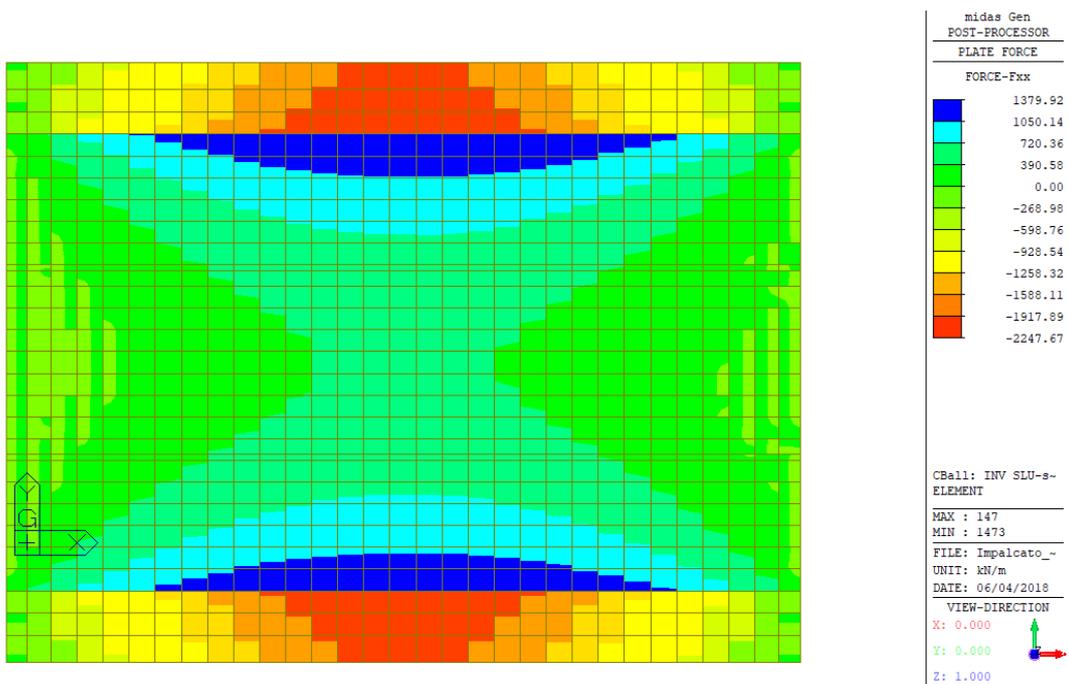


Figura 15 – Sforzi assiali Fxx sull'impalcato – Frenatura/avviamento

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>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</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b> PAGINA <b>48 di 87</b>

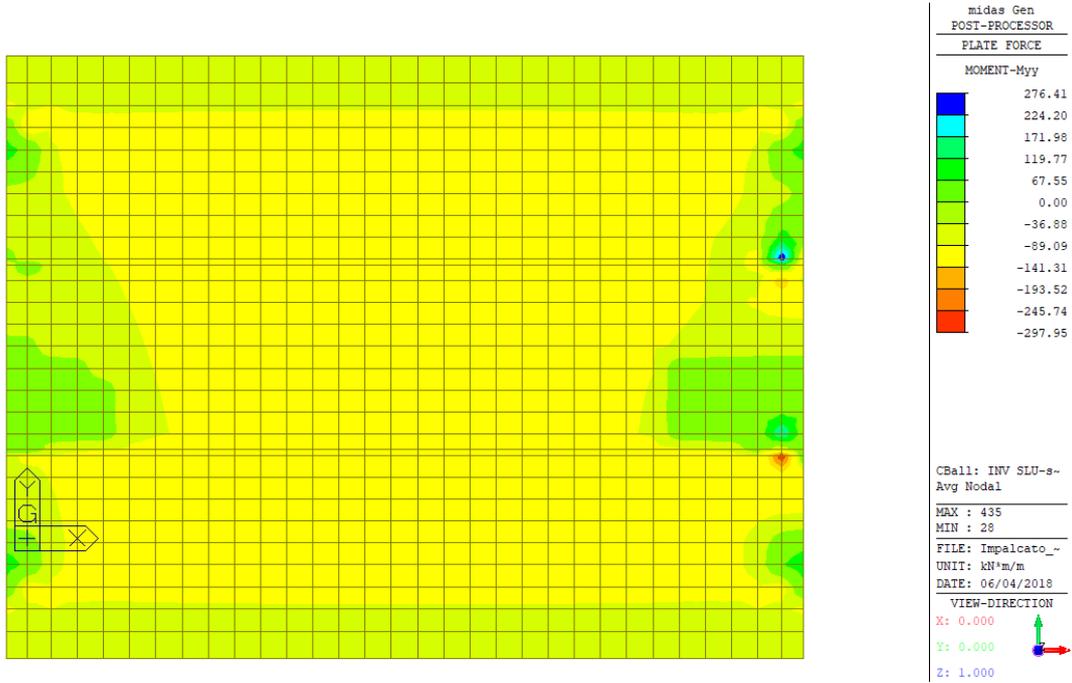


Figura 16 – Momenti flettenti Myy sull'impalcato – INV\_SLU

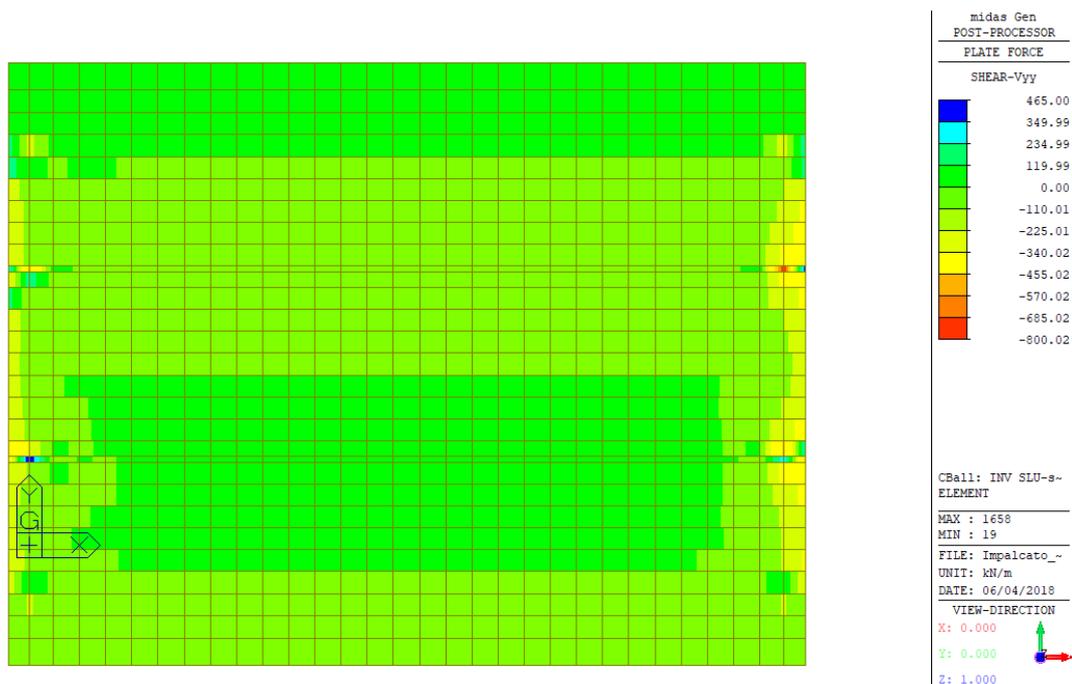


Figura 17 – Tagli Vyy sull'impalcato – INV\_SLU

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B	49 di 87

## 11 VERIFICHE DI RESISTENZA

### 11.1 VERIFICA IN DIREZIONE LONGITUDINALE

La verifiche sono condotte affidando la resistenza della sezione alle sole travi in acciaio, come previsto dal Manuale RFI. Essendo esse disposte ad un interasse di 0.42 m, le sollecitazioni sulla singola trave sono ottenute moltiplicando quelle derivanti dal modello (riferite ad una larghezza unitaria di impalcato) per l'interasse stesso.

La massima sollecitazione flettente è pari a:

$$M_{\max} = 3327.53 \text{ kNm/m} \times 0.42 \text{ m} = 1397.56 \text{ kNm}$$

Lo sforzo assiale corrispondente è invece pari a:

$$N = 572.69 \text{ kNm/m} \times 0.42 \text{ m} = 240.53 \text{ kN}$$

Si riporta l'esito della verifica:

$$\sigma = M/W + N/A = 1397.56 \cdot 10^6 / 7682000 + 572.69 \cdot 10^3 / 28580 = 181.93 + 20.04 = 201.97 \text{ MPa}$$

La tensione massima nell'acciaio è di 201.97 N/mm<sup>2</sup> ed è minore della tensione limite consentita pari invece a  $f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1.05 = 338.1 \text{ N/mm}^2$ . La verifica risulta pertanto soddisfatta.

Il massimo taglio, considerando il valore di picco ottenuto dal modello di calcolo è pari a:

$$V_{\max} = 1708.06 \text{ kN/m} \times 0.42 \text{ m} = 717.39 \text{ kN}$$

La tensione tangenziale massima è quindi pari a:

$$\tau = V_{\max} \cdot S_{xp} / (S_p \cdot J_p) = 66.35 \text{ N/mm}^2 < f_{yk} / (\gamma_{M0} \cdot 3^{0.5}) = 195.2 \text{ N/mm}^2.$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>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</b>												
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impalcato	<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>IN.0.9.00.001</td> <td>B</td> <td>50 di 87</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B	50 di 87
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B	50 di 87								

## 11.2 VERIFICA IN DIREZIONE TRASVERSALE

Si considera la sezione in c.a. di altezza minima depurata dello spessore della tavella. A vantaggio di sicurezza non viene considerato il contributo benefico della precompressione. Al lembo inferiore è presente una barra  $\phi 30/120$  cm +  $1\phi 22/40$  cm. Al lembo superiore è presente una barra  $\phi 30/120$  cm. Su una sezione di 120 cm si ha:

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

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

Titolo : \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	120	88	1	7.07	27
			2	11.4	82
			3	7.07	82

**Sollecitazioni**  
S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN  
M<sub>xEd</sub>   kNm  
M<sub>yEd</sub>

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

**Tipo rottura**  
Lato acciaio - Acciaio snervato

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

**Materiali**  
S235 C32/40  
ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 223.8 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200,000 N/mm² f<sub>cd</sub> 18.81 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
ε<sub>syd</sub> 1.119 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 12.25  
σ<sub>s,adm</sub> 160 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.7333  
τ<sub>c1</sub> 2.114

M<sub>xRd</sub> 374 kNm  
σ<sub>c</sub> -18.81 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 223.8 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 2.817 ‰  
ε<sub>s</sub> 67.5 ‰  
d 82 cm  
x 3.285 x/d 0.04006  
δ 0.7

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

$$M_{Rd} = 374 / 1.2 = 311.6 \text{ kNm/m}$$

La verifica risulta soddisfatta anche considerando i picchi di sollecitazione.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. PAGINA <b>B 51 di 87</b>

## 12 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

Ai fini delle verifiche di deformabilità, come previsto dal manuale RFI, il calcestruzzo viene considerato interamente collaborante ai fini della determinazione dell'inerzia flessionale dell'impalcato.

Le verifiche allo stato limite di servizio, si eseguono per "combinazioni rare" delle azioni, e consistono nel limitare:

- l'inflessione nel piano verticale dell'impalcato (rotazioni agli appoggi);
- le deformazioni torsionali dell'impalcato (fenomeno dello sghembo);

Deve essere, altresì, verificata la condizione limite per il comfort dei passeggeri confrontando la freccia verticale sotto i treni di carico di progetto (incrementata per tenere conto degli effetti dinamici) con quella riportata nella *Specifica RFI DTC SICS MA IFS 001 A* per la velocità della linea ove il ponte è situato.

### 12.1 VERIFICA DELLA ROTAZIONE DEGLI APPOGGI

Il valore limite:

$$\theta_{rl} = 8/H = 0.0044 \text{ rad,}$$

all'estremità dell'impalcato, dove H rappresenta la distanza del piano di regolamento del ballast o, nel caso di attacco diretto, del piano di posa della rotaia dal centro di rotazione dell'apparecchio di appoggio dell'impalcato, nel nostro caso H=1.61 m

Effetto del carico dinamizzato:  $\theta_1 = 0.00134 \text{ rad}$  (da modello).

Effetto del gradiente termico  $\Delta_{gt} = 10^\circ$  gradi tra estradosso e intradosso:

$$\theta_2 = L_b/2 * \alpha * \Delta_{gt} / S_{sn} = 0.00072 \text{ rad.}$$

$$\theta = \theta_1 + 0.6 * \theta_2 = 0.00177 \text{ rad}$$

$$\theta = 0.00177 \text{ rad} < 0.0044 \text{ rad. (verifica soddisfatta)}$$

### 12.2 VERIFICA DELLO SGHEMBO

La verifica si effettua ipotizzando la presenza di un profilo metallico in corrispondenza di ciascuna rotaia e calcolando la differenza di abbassamento tra i due profili in corrispondenza della sezione posta a 3.00 m dall'appoggio considerando una distribuzione trasversale degli abbassamenti di tipo lineare.

Si considerano i seguenti effetti, prodotti dal treno LM71:

Gli effetti prodotti dal treno LM71 sono:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. PAGINA <b>B 52 di 87</b>

eccentricità del carico:  $\varphi_3 * Mt_{21f} = 13 \text{ kNm/m}$   
vento:  $0.6 * Mt_4 = 22 \text{ kNm/m}$   
azione laterale:  $\underline{Mt_5/L_b = 10 \text{ kNm/m}}$   
Totale:  $M_{tsq} = 45 \text{ kNm/m}$

L'incremento e decremento di carico  $\Delta_q$  prodotti sulle due travi considerate da tali effetti si valuta considerando la flessione su una striscia unitaria trasversale di impalcato avente sezione  $b * h$  pari a  $1.0 * B_{tr} = 1.0 * 4.0 \text{ m}$  e momento d'inerzia  $J_u = 1.0 * 4.0^3 / 12 = 5.33 \text{ m}^4$ .

-  $\Delta_q = M_{tsq} / J_u * s / 2 * I_p = 2.53 \text{ kN/m}$ .

-  $J_{sg} = J_d / N_{pd} = 1142476.0 \text{ cm}^4$

per una trave con il relativo calcestruzzo di influenza.

La freccia verticale a 3.0 metri dall'appoggio vale:

$$\Delta_{dsg} = 1/24 * D_q * L_b^4 * (k_3 - 2 * k_3^3 + k_3^4) / (E_p * J_{sg})$$

con:  $k_3 = 3.0 / L_b = 0.208$  per cui si ottiene:

$$\Delta_{dsg} = 0.54 \text{ mm}$$

pertanto le due travi subiscono una differenza di deformazione pari a:

$$D_{sg} = 2 * \Delta_{dsg} = 1.08 \text{ mm} < 4.5 \text{ mm. (verifica soddisfatta).}$$

### 12.3 VERIFICA DELLA FRECCIA PER CARICHI DINAMIZZATI

Il valore limite vale:

$$\bar{\delta}_{dl} = L_b / K_{dl} = 14430 / 1000 = 14.43 \text{ mm}$$

$\bar{\delta}_d = 6.18 \text{ mm (da modello)} < 14.43 \text{ mm (verifica soddisfatta).}$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>53 di 87</b>

### 13 VERIFICHE SBALZO

Si riporta la verifica degli sbalzi presenti alle due estremità della sezione trasversale dell'impalcato. La lunghezza dello sbalzo è di 1.0 m mentre lo spessore è variabile tra 0.27 e 0.32 m. Esso presenta una zona calpestabile di larghezza pari a 0.48m e, nella parte terminale, un cordolo in c.a. di altezza 0.229 m e larghezza 0.52m, al di sopra del quale si considera il peso di un'ipotetica barriera antirumore.

- azioni da peso strutturale;
- permanenti portati pari a 1.0 kPa per la finitura e 18.4 kN/m per un'eventuale barriera antirumore fino a 4 m dal piano del ferro;
- vento pari a 2,5 kPa;
- sovraccarico accidentale da 10 kPa.

Su una sezione di larghezza 1m si ha:

$$V_{Sd} = 1.35 \cdot 25 \cdot 0.295 \cdot 1.0 + 1.35 \cdot 25 \cdot 0.229 \cdot 0.52 + 1.5 \cdot 18.4 + 1.5 \cdot 0.48 \cdot 1 + 1.5 \cdot 0.48 \cdot 10 =$$

$$= 9.96 + 4.02 + 27.6 + 0.72 + 7.2 = 49.5 \text{ kN};$$

$$M_{Sd} = 9.96 \cdot 1.0/2 + 4.02 \cdot 0.74 + 27.6 \cdot 0.74 + 0.72 \cdot 0.48/2 + 7.2 \cdot 0.48/2 + 1.5 \cdot 2.5 \cdot 4.6 \cdot 2.44 =$$

$$= 4.98 + 2.98 + 20.42 + 0.17 + 1.73 + 42.09 = 72.37 \text{ kNm};$$

$$N_{Sd} = 1.5 \cdot 2.5 \cdot 4.6 = 17.25 \text{ kN (trazione)}$$

Armando con  $\phi 20/20$  superiormente e  $\phi 12/20$  inferiormente si ha:



APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b>	Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impalcato	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B	55 di 87

SLE Rara

$$M_{Sd} = 4.98/1.35 + 2.98/1.35 + 20.42/1.5 + 0.17/1.5 + 1.73/1.5 + 42.09/1.5 =$$

$$= 3.69 + 2.21 + 13.61 + 0.11 + 1.15 + 28.06 = 48.83 \text{ kNm};$$

$$N_{Sd} = 17.25/1.5 = 11.5 \text{ kN}.$$

**Titolo:** Verifica fessurazione sbalzo

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	32	1	15,71	6
			2	5,65	26

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

**Sollecitazioni:**  
 S.L.U.     Metodo n

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

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

**Materiali:**

B450C		C32/40	
$\epsilon_{su}$	67,5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰
$f_{yd}$	391,3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$	3,5 ‰
$E_s$	200.000 N/mm²	$f_{cd}$	18,13
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0,8
$\epsilon_{syd}$	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	$\tau_{co}$	0,7333
		$\tau_{c1}$	2,114

$\sigma_c$  -2,6 N/mm²  
 $\sigma_c$  2,528 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0,1175 ‰

Verifica

Precompresso

Per la verifica allo stato limite di formazione delle fessure, la massima tensione di trazione nel calcestruzzo deve essere inferiore al limite convenzionale stabilito dalla normativa.

Poiché risulta

$$\sigma_c = 2.528 \text{ N/mm}^2 > f_{ctm}/1.2 = 2.358 \text{ N/mm}^2$$

la sezione è fessurata, pertanto si procede al calcolo e alla relativa verifica dell'ampiezza delle fessure.

APPALTATORE: Mandatario: SALINI IMPREGILO S.p.A.	Mandante: ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: Mandatario: SYSTRA S.A.	Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	<b>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</b>			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impalcato	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.0.9.00.001	REV. B	PAGINA 56 di 87

### VERIFICA STATO LIMITE DI APERTURE DELLE FESSURE (NTC 2008 e Istruzioni)

<b>Tipo di combinazione SLE</b>					
<b>Comb.</b>	Rara (IF)				
<b>Materiali</b>					
<b>Cls</b>	C32/40	$f_{ctm}$	3.10	MPa	<b>Ec</b> 33643 MPa
<b>Acciaio</b>	B450C	$f_{yk}$	450	MPa	<b>Es</b> 210000 MPa
					$\alpha_e$ 6.24
<b>Ipotesi di calcolo</b>					
Cond. ambientali	Aggressive				
Tipo di armature	Poco sensibili				
Tipi di carichi	Lunga durata				
<b>Sollecitazioni e caratteristiche della sezione</b>					
$M_{Ed}$	48.83	kNm	Sollecitazione flettente		
$N_{Ed}$	11.5	kN	Sforzo normale ( <b>negativo</b> se di compressione)		
<b>B</b>	1000	mm	<b>d</b>	260 mm	
<b>h</b>	320	mm	$h_{c,eff}$	64.4 mm	
<b>x</b>	127	mm	$A_{c,eff}$	64414.3 mm <sup>2</sup>	
<b>ricopr.</b>	50	mm			
<b>Caratteristiche dell'armatura tesa</b>					
<b>Spaziatura</b>	200	mm	$A_s$	1570 mm <sup>2</sup>	
<b>n. ferri</b>	5		$\rho_{eff}$	0.024	
$\phi$	20	mm	$\sigma_s$	4.21 MPa	
<b>Calcolo della deformazione unitaria media delle barre</b>					
$k_t$	0.4 coefficiente dipendente dalla durata dei carichi				
$\epsilon_{sm}$	0.0000120 deformazione unitaria media delle barre				
<b>Calcolo della distanza massima tra le fessure</b>					
$5(c + \phi/2)$	300	mm	> della spaziatura fra i ferri		
$k_1$	0.8				
$k_2$	1	(<= 1 per trazione eccentrica; 0,5 nel caso di flessione)			
$k_3$	3.4				
$k_4$	0.425				
$\Delta_{smax}$	448.99	mm	(Eq. C.4.1.17)	distanza massima fra le fessure	
<b>Valore di calcolo dell'apertura delle fessure e verifica</b>					
$w_d = \epsilon_{sm} \Delta_{smax}$	0.005	mm	(Eq. C.4.1.15)		
$w_{amm}$	0.200	mm	> $w_d$ : LA VERIFICA E' SODDISFATTA		

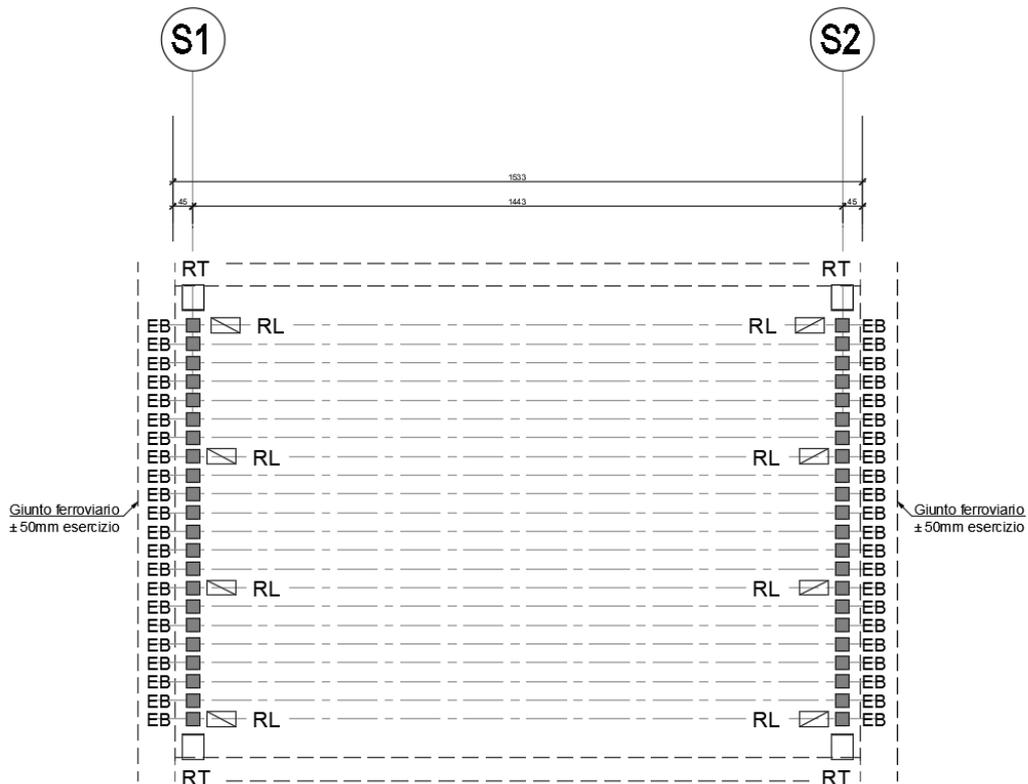


APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>58 di 87</b>

## 14 REAZIONI AGLI APPOGGI

### SCHEMA PLANIMETRICO APPOGGI

Scala 1:100



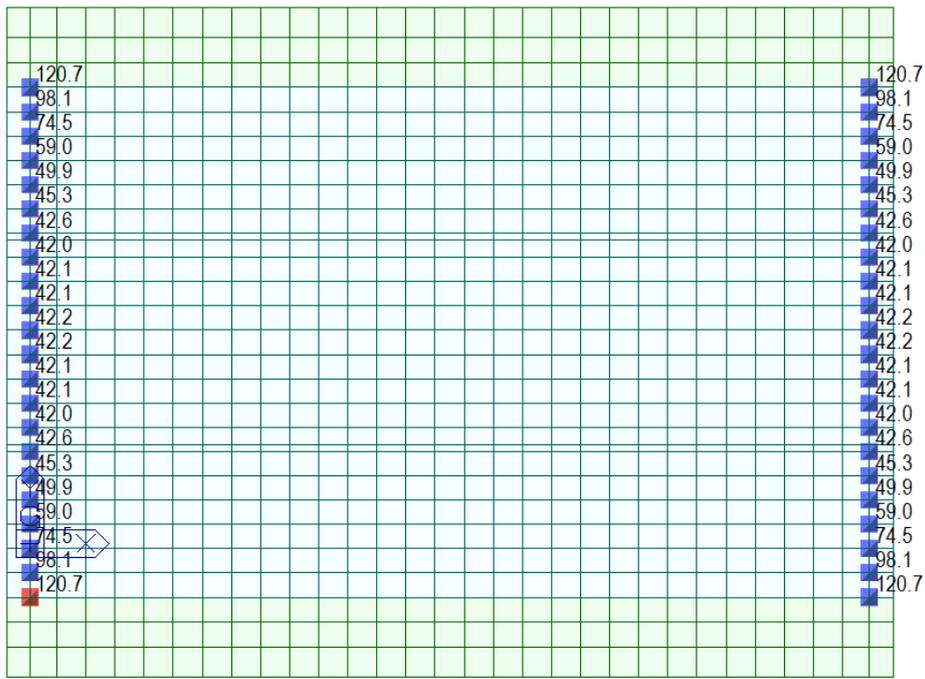
LEGENDA  
 APPARECCHI D'APPOGGIO IN GOMMA ARMATA  
 (ELASTOMERIC BEARINGS)

- EB** ■ APPOGGIO IN GOMMA ARMATA (ELASTOMERIC BEARINGS)
- RT** □ RITEGNO SISMICO TRASVERSALE
- RL** ▤ RITEGNO SISMICO LONGITUDINALE

Figura 18 – Schema apparecchi di appoggio



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>60 di 87</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>							



```

midas Gen
POST-PROCESSOR
REACTION FORCE

FORCE-Z

MIN. REACTION
NODE= 1015
FZ: 41.96

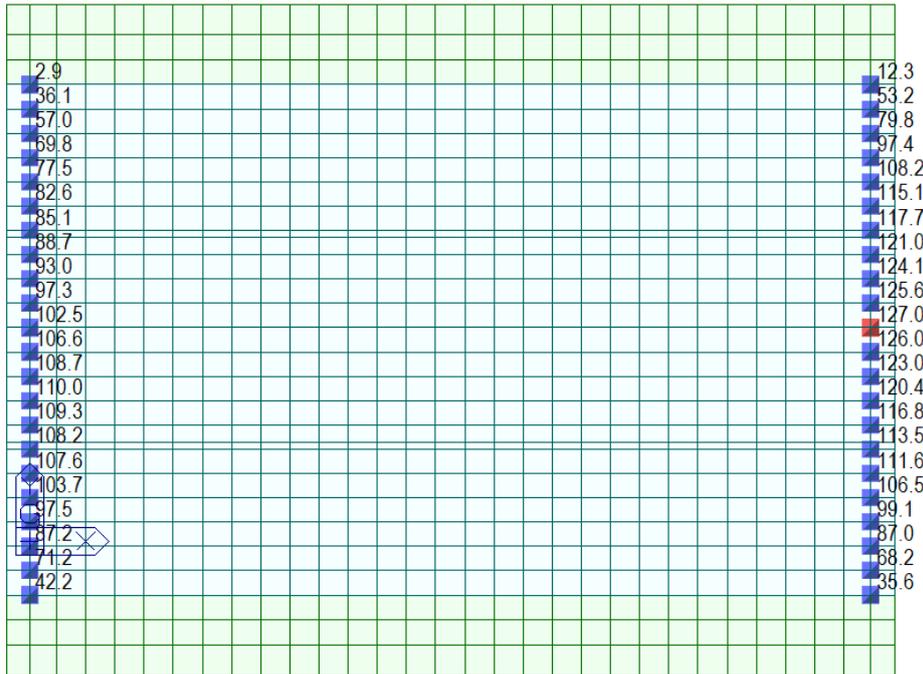
MAX. REACTION
NODE= 1044
FZ: 120.73

ST: G2
MAX : 1044
MIN : 1015
FILE: Impalcato_~
UNIT: kN
DATE: 06/04/2018
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

```

Reazioni agli appoggi per azioni permanenti (G2)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>61 di 87</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>								

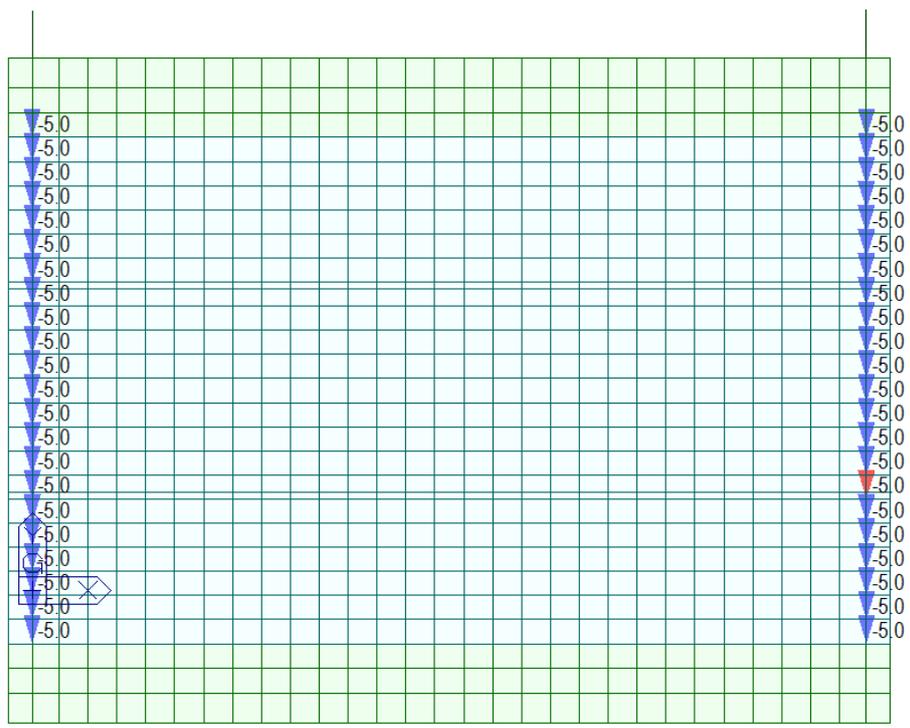


midas Gen  
 POST-PROCESSOR  
 REACTION FORCE  
 FORCE-Z  
 MIN. REACTION  
 NODE= 1023  
 FZ: 2.87  
 MAX. REACTION  
 NODE= 1011  
 FZ: 126.98  
 ST: Q1\_1 Nmax  
 MAX : 1011  
 MIN : 1023  
 FILE: Impalcato\_~  
 UNIT: kN  
 DATE: 06/04/2018  
 VIEW-DIRECTION  
 X: 0.000  
 Y: 0.000  
 Z: 1.000

Reazioni agli appoggi per azioni da traffico (Q1\_1 Nmax)



APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b>		Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		Mandante: <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. PAGINA <b>B 63 di 87</b>



```

midas Gen
POST-PROCESSOR
REACTION FORCE

FORCE-Y

MIN. REACTION
NODE= 1032
FY: -4.98

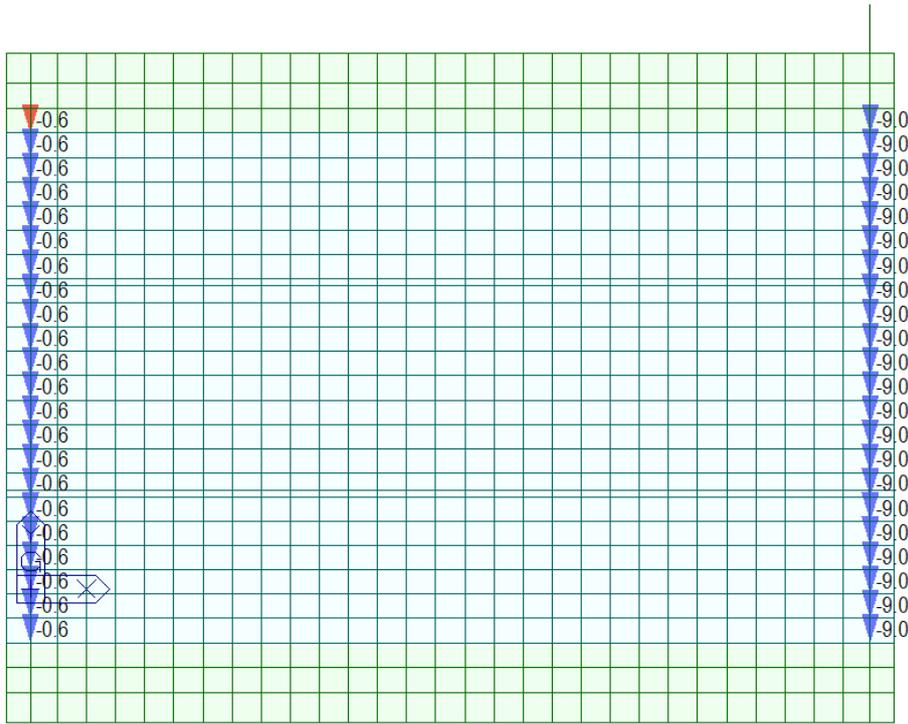
MAX. REACTION
NODE= 1016
FY: -4.98

ST: Q5-vento
MAX : 1016
MIN : 1032
FILE: Impalcato_~
UNIT: kN
DATE: 06/04/2018
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

```

Reazioni agli appoggi per azioni da vento

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>64 di 87</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>								



```

midas Gen
POST-PROCESSOR
REACTION FORCE

FORCE-Y

MIN. REACTION
NODE= 1011
FY: -8.97

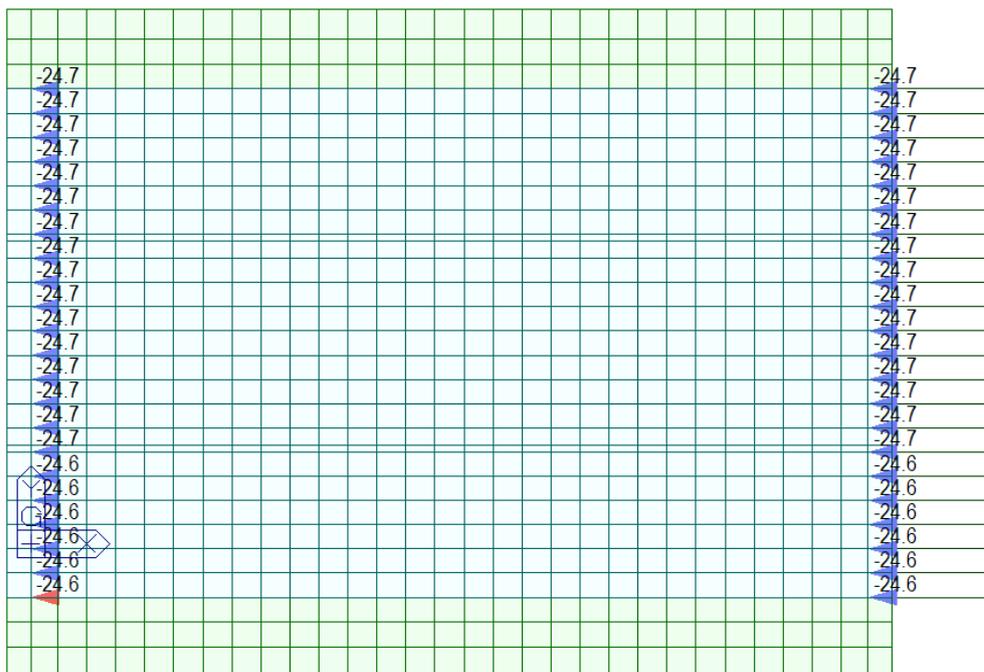
MAX. REACTION
NODE= 1023
FY: -0.57

ST: Qs-Serpeggio
MAX : 1023
MIN : 1011
FILE: Impalcato_~
UNIT: kN
DATE: 06/04/2018
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

```

*Reazioni agli appoggi per azione da serpeggio*

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>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</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B 65 di 87



```

midas Gen
POST-PROCESSOR
REACTION FORCE

FORCE-X

MIN. REACTION
NODE= 1001
FX: -24.74

MAX. REACTION
NODE= 1044
FX: -24.62

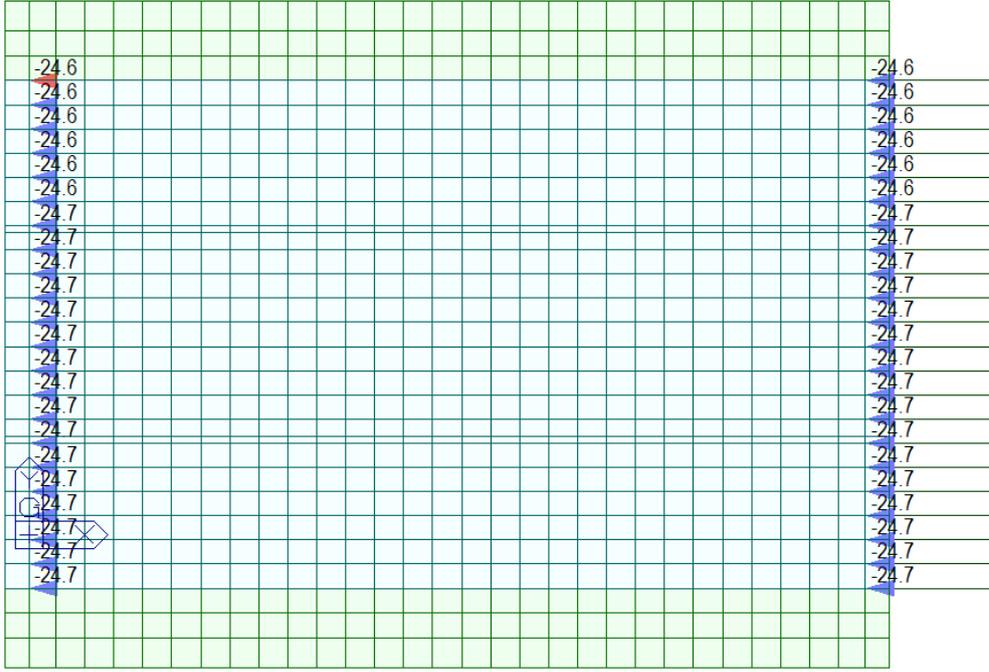
ST: Q1_1 - Fren/~
MAX : 1044
MIN : 1001
FILE: Impalcato_~
UNIT: kN
DATE: 06/04/2018

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

```

Reazioni agli appoggi per azioni da frenatura/avviamento (1)

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>												
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	<table border="1"> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.0.9.00.001</td> <td>B</td> <td>66 di 87</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B	66 di 87
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B	66 di 87								



```

midas Gen
POST-PROCESSOR
REACTION FORCE

FORCE-X

MIN. REACTION
NODE= 1022
FX: -24.74

MAX. REACTION
NODE= 1023
FX: -24.62

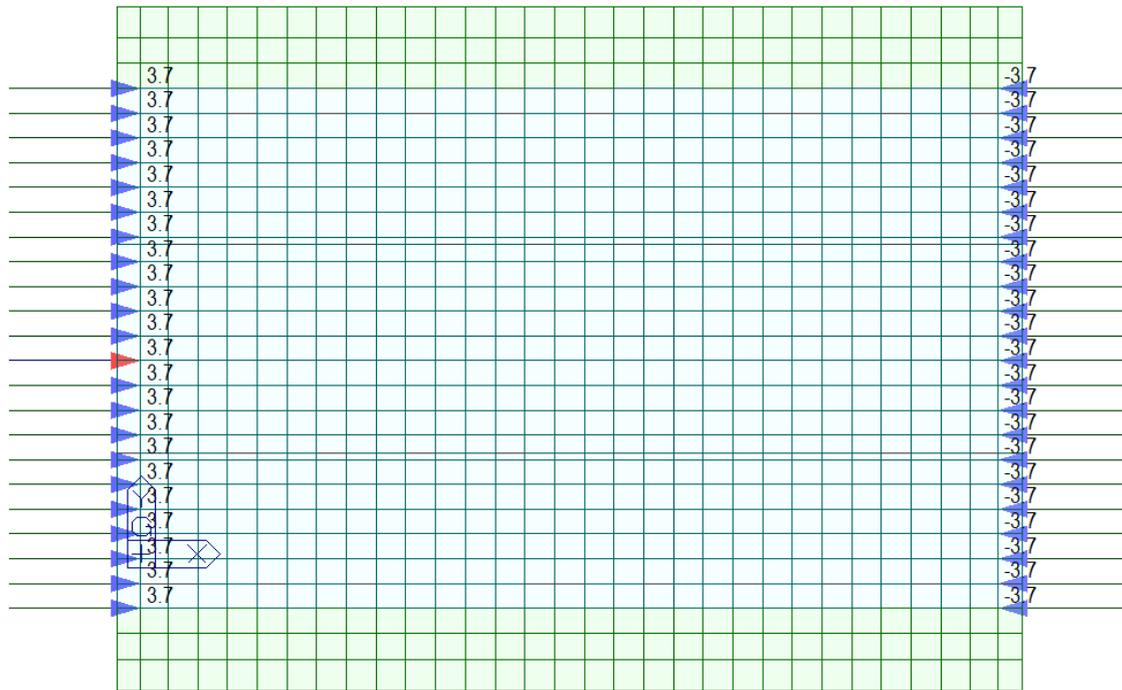
ST: Q1_2 - Fren/--
MAX : 1023
MIN : 1022
FILE: Impalcato_~
UNIT: kN
DATE: 06/05/2018

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

```

Reazioni agli appoggi per azioni da frenatura/avviamento (2)

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>IN.0.9.00.001</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>PAGINA</b> <b>67 di 87</b>



```

midas Gen
POST-PROCESSOR
REACTION FORCE

FORCE-X

MIN. REACTION
NODE= 1011
FX: -3.72

MAX. REACTION
NODE= 1034
FX: 3.72

ST: DT
MAX : 1034
MIN : 1011
FILE: Impalcato_~
UNIT: kN
DATE: 06/21/2018

VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

```

*Reazioni agli appoggi per variazioni di temperatura*

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. PAGINA <b>B 68 di 87</b>

## 14.2 RIEPILOGO SCARICHI SLU/SLE

Nella tabella seguente si riportano le reazioni massime e minime agli appoggi per l'involuppo delle combinazioni di carico agli Stati Limite Ultimi e agli Stati Limite di Esercizio, per il dimensionamento degli appoggi, relative all'impalcato.

1023	1001
1024	1002
1025	1003
1026	1004
1027	1005
1028	1006
1029	1007
1030	1008
1031	1009
1032	1010
1033	1011
1034	1012
1035	1013
1036	1014
1037	1015
1038	1016
1039	1017
1040	1018
1041	1019
1042	1020
1043	1021
1044	1022

Figura 19 – Numerazione appoggi

$F_x$  = reazione in direzione longitudinale

$F_y$  = reazione in direzione trasversale

$F_z$  = reazione in direzione verticale

<i>Node</i>	<i>Load</i>	<i>F<sub>x</sub> (kN)</i>	<i>F<sub>y</sub> (kN)</i>	<i>F<sub>z</sub> (kN)</i>
1001	SLU	37.2	-19.3	403.4
1002	SLU	37.1	-19.1	442.5
1003	SLU	37.0	-18.9	442.8
1004	SLU	36.9	-18.8	443.2

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>69 di 87</b>
		<b>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</b>					

1005	SLU	36.7	-18.6	445.8
1006	SLU	36.6	-18.5	449.5
1007	SLU	36.5	-18.3	438.8
1008	SLU	36.3	-18.1	415.5
1009	SLU	36.1	-18.0	415.8
1010	SLU	36.0	-17.8	422.4
1011	SLU	35.8	-17.7	433.8
1012	SLU	35.6	-17.7	444.1
1013	SLU	35.4	-17.9	451.9
1014	SLU	35.2	-18.1	457.2
1015	SLU	35.0	-18.3	449.6
1016	SLU	34.8	-18.5	416.2
1017	SLU	34.6	-18.8	400.8
1018	SLU	34.4	-19.0	395.9
1019	SLU	34.1	-19.3	399.9
1020	SLU	33.9	-19.5	404.1
1021	SLU	33.6	-19.7	402.4
1022	SLU	33.4	-19.9	357.0
1023	SLU	48.1	-9.3	402.8
1024	SLU	47.8	-9.1	436.9
1025	SLU	47.6	-8.9	431.1
1026	SLU	47.3	-8.7	429.0
1027	SLU	47.0	-8.6	429.1
1028	SLU	46.8	-8.4	434.7

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>70 di 87</b>
		<b>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</b>					

1029	SLU	46.6	-8.2	436.4
1030	SLU	46.3	-8.1	435.9
1031	SLU	46.1	-7.9	432.0
1032	SLU	45.9	-7.7	426.1
1033	SLU	45.7	-7.6	421.8
1034	SLU	45.5	-7.6	422.7
1035	SLU	45.4	-7.8	428.7
1036	SLU	45.2	-8.0	435.0
1037	SLU	45.0	-8.2	437.2
1038	SLU	44.9	-8.4	432.5
1039	SLU	44.7	-8.6	427.4
1040	SLU	44.6	-8.8	420.2
1041	SLU	44.5	-9.1	418.6
1042	SLU	44.4	-9.3	417.9
1043	SLU	44.3	-9.5	418.7
1044	SLU	44.1	-9.7	377.8
1001	SLE-R	25.5	-13.1	280.5
1002	SLE-R	25.4	-13.0	309.1
1003	SLE-R	25.4	-12.9	309.9
1004	SLE-R	25.3	-12.8	310.5
1005	SLE-R	25.2	-12.7	312.3
1006	SLE-R	25.1	-12.6	314.9
1007	SLE-R	25.0	-12.5	307.4
1008	SLE-R	24.9	-12.4	291.4

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>							
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>				PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>71 di 87</b>

1009	SLE-R	24.8	-12.3	291.5
1010	SLE-R	24.7	-12.2	296.1
1011	SLE-R	24.5	-12.1	303.9
1012	SLE-R	24.4	-12.1	310.9
1013	SLE-R	24.3	-12.2	316.4
1014	SLE-R	24.2	-12.4	320.1
1015	SLE-R	24.0	-12.5	314.8
1016	SLE-R	23.9	-12.7	291.9
1017	SLE-R	23.7	-12.8	281.5
1018	SLE-R	23.6	-13.0	278.1
1019	SLE-R	23.4	-13.2	280.9
1020	SLE-R	23.2	-13.3	283.5
1021	SLE-R	23.0	-13.4	281.8
1022	SLE-R	22.9	-13.6	249.1
1023	SLE-R	33.2	-6.1	280.1
1024	SLE-R	33.0	-6.0	305.2
1025	SLE-R	32.8	-5.9	301.9
1026	SLE-R	32.6	-5.8	300.7
1027	SLE-R	32.4	-5.7	300.8
1028	SLE-R	32.3	-5.6	304.7
1029	SLE-R	32.1	-5.5	305.8
1030	SLE-R	32.0	-5.4	305.4
1031	SLE-R	31.8	-5.3	302.7

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>IN.0.9.00.001</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>PAGINA</b> <b>72 di 87</b>

1032	SLE-R	31.7	-5.1	298.6
1033	SLE-R	31.5	-5.0	295.6
1034	SLE-R	31.4	-5.1	296.2
1035	SLE-R	31.3	-5.2	300.3
1036	SLE-R	31.2	-5.3	304.7
1037	SLE-R	31.0	-5.5	306.3
1038	SLE-R	30.9	-5.6	303.2
1039	SLE-R	30.8	-5.8	299.8
1040	SLE-R	30.7	-5.9	294.9
1041	SLE-R	30.7	-6.0	293.8
1042	SLE-R	30.6	-6.2	293.1
1043	SLE-R	30.5	-6.3	293.1
1044	SLE-R	30.4	-6.5	263.4
1001	SLE-F	14.8	-6.3	253.1
1002	SLE-F	14.7	-6.2	266.1
1003	SLE-F	14.7	-6.2	256.6
1004	SLE-F	14.7	-6.1	249.4
1005	SLE-F	14.6	-6.0	245.5
1006	SLE-F	14.6	-5.9	244.3
1007	SLE-F	14.5	-5.8	237.5
1008	SLE-F	14.5	-5.7	227.2
1009	SLE-F	14.4	-5.6	227.2
1010	SLE-F	14.3	-5.5	229.4

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>IN.0.9.00.001</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>PAGINA</b> <b>73 di 87</b>

1011	SLE-F	14.3	-5.5	233.6
1012	SLE-F	14.2	-5.5	237.4
1013	SLE-F	14.1	-5.6	240.4
1014	SLE-F	14.0	-5.7	242.9
1015	SLE-F	13.9	-5.9	240.4
1016	SLE-F	13.8	-6.0	229.4
1017	SLE-F	-13.8	-6.1	226.9
1018	SLE-F	-14.0	-6.2	228.3
1019	SLE-F	-14.2	-6.4	235.5
1020	SLE-F	-14.4	-6.5	245.7
1021	SLE-F	-14.6	-6.6	256.6
1022	SLE-F	-14.8	-6.7	243.7
1023	SLE-F	21.5	-3.4	252.8
1024	SLE-F	21.4	-3.3	263.7
1025	SLE-F	21.2	-3.2	251.8
1026	SLE-F	21.1	-3.1	243.5
1027	SLE-F	21.0	-3.1	238.6
1028	SLE-F	20.9	-3.0	238.2
1029	SLE-F	20.8	-2.9	236.5
1030	SLE-F	20.7	-2.8	235.6
1031	SLE-F	20.6	-2.7	233.9
1032	SLE-F	20.5	-2.6	230.9
1033	SLE-F	20.4	-2.5	228.6

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. PAGINA <b>B 74 di 87</b>
<b>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</b>						

1034	SLE-F	20.3	-2.6	228.6
1035	SLE-F	20.3	-2.7	230.8
1036	SLE-F	20.2	-2.8	233.7
1037	SLE-F	20.1	-2.9	235.3
1038	SLE-F	20.1	-3.0	236.2
1039	SLE-F	20.0	-3.2	237.9
1040	SLE-F	20.0	-3.3	238.4
1041	SLE-F	20.0	-3.4	243.2
1042	SLE-F	19.9	-3.5	251.5
1043	SLE-F	19.9	-3.6	263.4
1044	SLE-F	19.9	-3.7	252.3

**Tabella 1 – Riepilogo reazioni agli appoggi**

<b>Comb</b>	<b><i>F<sub>x</sub> max (kN)</i></b>	<b><i>F<sub>y</sub> max (kN)</i></b>	<b><i>F<sub>z</sub> max (kN)</i></b>
SLU	48.1	-19.9	457.2
SLE-R	33.2	-13.6	314.9

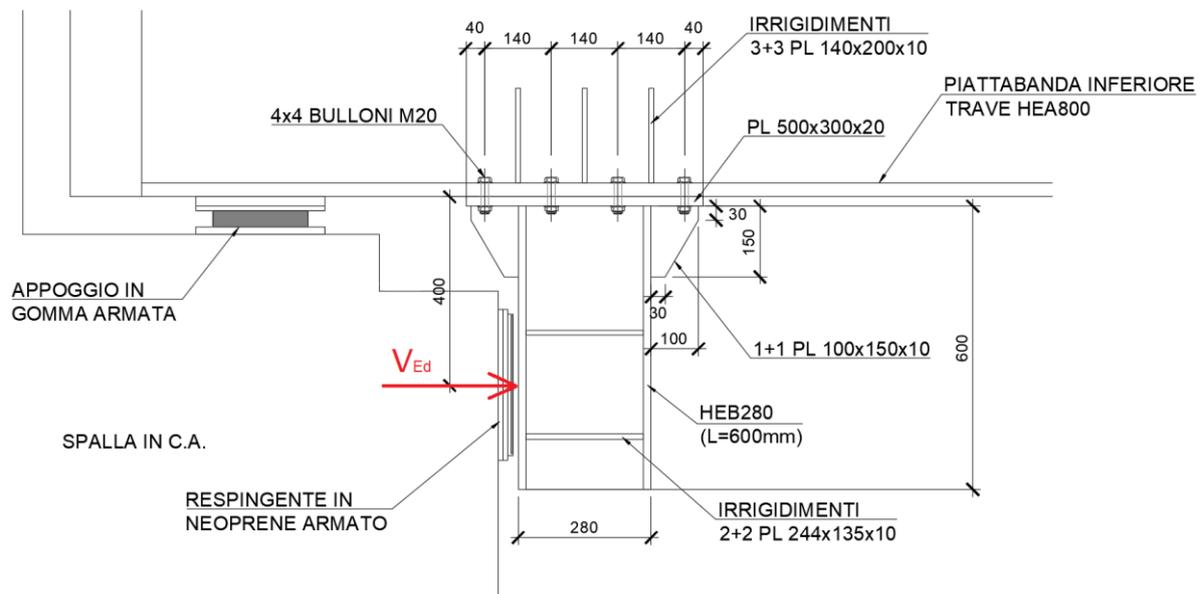
**Tabella 2 – Riepilogo reazioni massime SLU ed SLE**

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b> PAGINA <b>75 di 87</b>

## 15 RITEGNI

### 15.1 RITEGNI LONGITUDINALI

I ritegni longitudinali sono realizzati mediante l'impiego di profilati metallici HEB280 fissati alla piattabanda inferiore della trave in acciaio dell'impalcato. Su ciascuna delle due estremità dell'impalcato sono previsti 4 ritegni longitudinali.



*Ritegni longitudinali*

Il massimo taglio in direzione longitudinale sul singolo ritegno è pari a:

$$V_{Ed} = V_{TOT, long.} / n_{rl}$$

dove:

$V_{TOT, long.}$  è l'azione orizzontale (longitudinale) globale da impalcato allo SLU per la combinazione più gravosa delle azioni

$n_{rl}$  è il numero di ritegni longitudinali per ciascuna estremità dell'impalcato

Nel caso in esame risulta:

$$V_{Ed} = V_{TOT, long.} / n_{rl} = 1575 \text{ kN} / 4 = 394 \text{ kN}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>76 di 87</b>

Il massimo flettente nella sezione di attacco con la piastra è pari a:

$$M_{\max} = V_{\text{TOT,long}} \cdot d_{rl} = 394 \text{ kN} \cdot 0.40 \text{ m} = 157.6 \text{ kNm}$$

avendo indicato con  $d_{rl}$  la distanza tra il centro del ritegno e la sezione di attacco dello stesso con la piattabanda inferiore della trave di impalcato.

Si riporta l'esito della verifica a flessione del profilato metallico HEB280:

$$\sigma = M/W = 157.6 \cdot 10^6 / 1376000 = 114.54 \text{ N/mm}^2$$

La tensione massima nell'acciaio è di  $114.54 \text{ N/mm}^2$  ed è minore della tensione limite consentita pari invece a  $f_{yk}/\gamma_{M0} = 355/1.05 = 338.1 \text{ N/mm}^2$ . La verifica risulta pertanto soddisfatta.

Per la verifica a taglio, invece, la tensione tangenziale massima deve risultare minore della tensione tangenziale limite:

$$\tau = V_{Ed} \cdot S_{xp} / (S_p \cdot J_p) = 149.36 \text{ N/mm}^2 < f_{yk} / (\gamma_{M0} \cdot 3^{0.5}) = 195.2 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

Il collegamento tra la piastra metallica a cui è saldato il profilato HEB280 e la piattabanda inferiore della trave di impalcato è realizzato mediante 16 bulloni M20 di classe 8.8, disposti su quattro file con interasse pari a 140mm.

Si riportano la verifica a taglio e trazione dei bulloni e le verifiche a rifollamento della piastra e della piattabanda inferiore della trave di impalcato.

Per la verifica dei bulloni in presenza combinata di trazione e taglio deve risultare:

$$F_{V,Ed} / \min(F_{V,Rd}; F_{b,Rd}) + F_{t,Ed} / (1.4 \cdot \min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})) \leq 1$$

in cui:

$F_{V,Ed}$  è lo sforzo di taglio di calcolo sui bulloni

$F_{t,Ed}$  è lo sforzo di trazione di calcolo sui bulloni

$\min(F_{V,Rd}; F_{b,Rd})$  è la resistenza di calcolo a taglio dell'unione che è pari al valore minimo tra la resistenza di calcolo a taglio dei bulloni ( $F_{V,Rd}$ ) e la resistenza al rifollamento del piatto dell'unione ( $F_{b,Rd}$ )

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>77 di 87</b>

$\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})$  è la resistenza di calcolo a trazione dell'unione che è pari al valore minimo tra la resistenza di calcolo a trazione dei bulloni ( $F_{t,Rd}$ ) e la resistenza a punzonamento del piatto collegato ( $B_{p,Rd}$ )

Nel caso in esame risulta:

$$24.63 \text{ kN} / 94.08 \text{ kN} + 93.81 \text{ kN} / (1.4 \cdot 141.12) = 0.26 + 0.48 = 0.74 \leq 1$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

Per la verifica a rifollamento della piattabanda inferiore della trave HEA800 dell'impalcato deve risultare:

$$F_{V,Ed} = 394 \text{ kN} / 16 = 24.63 \text{ kN} \leq F_{b,Rd}$$

dove  $F_{b,Rd}$  è la resistenza di calcolo a rifollamento, pari nel caso in esame a:

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{t,k} \cdot d \cdot t / \gamma_{M2} = 2.3 \cdot 1.0 \cdot 510 \text{ N/mm}^2 \cdot 20 \text{ mm} \cdot 28 \text{ mm} / 1.25 = 525.5 \text{ kN}$$

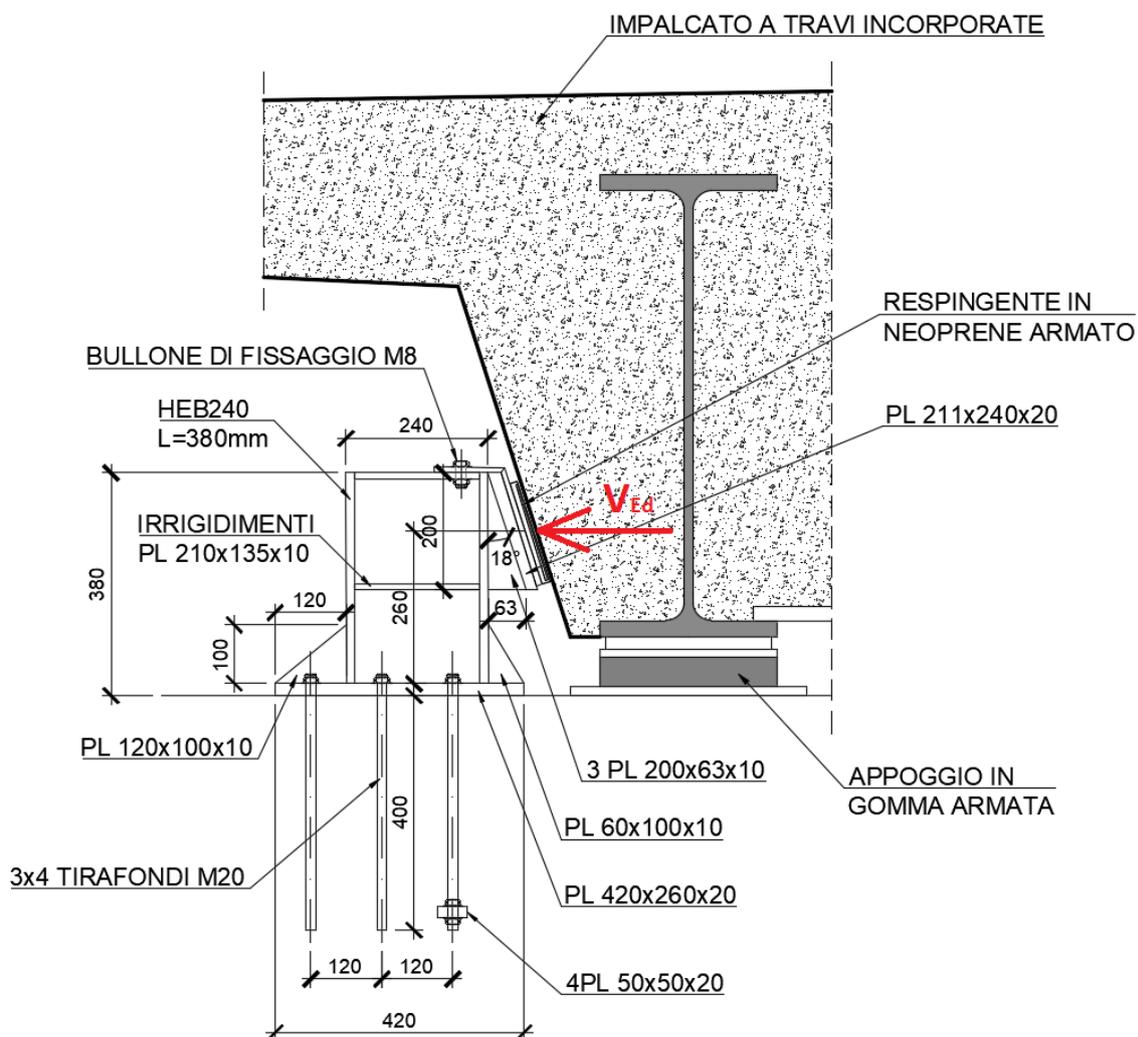
La verifica risulta pertanto soddisfatta.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. PAGINA <b>B 78 di 87</b>

## 15.2 RITEGNI TRASVERSALI

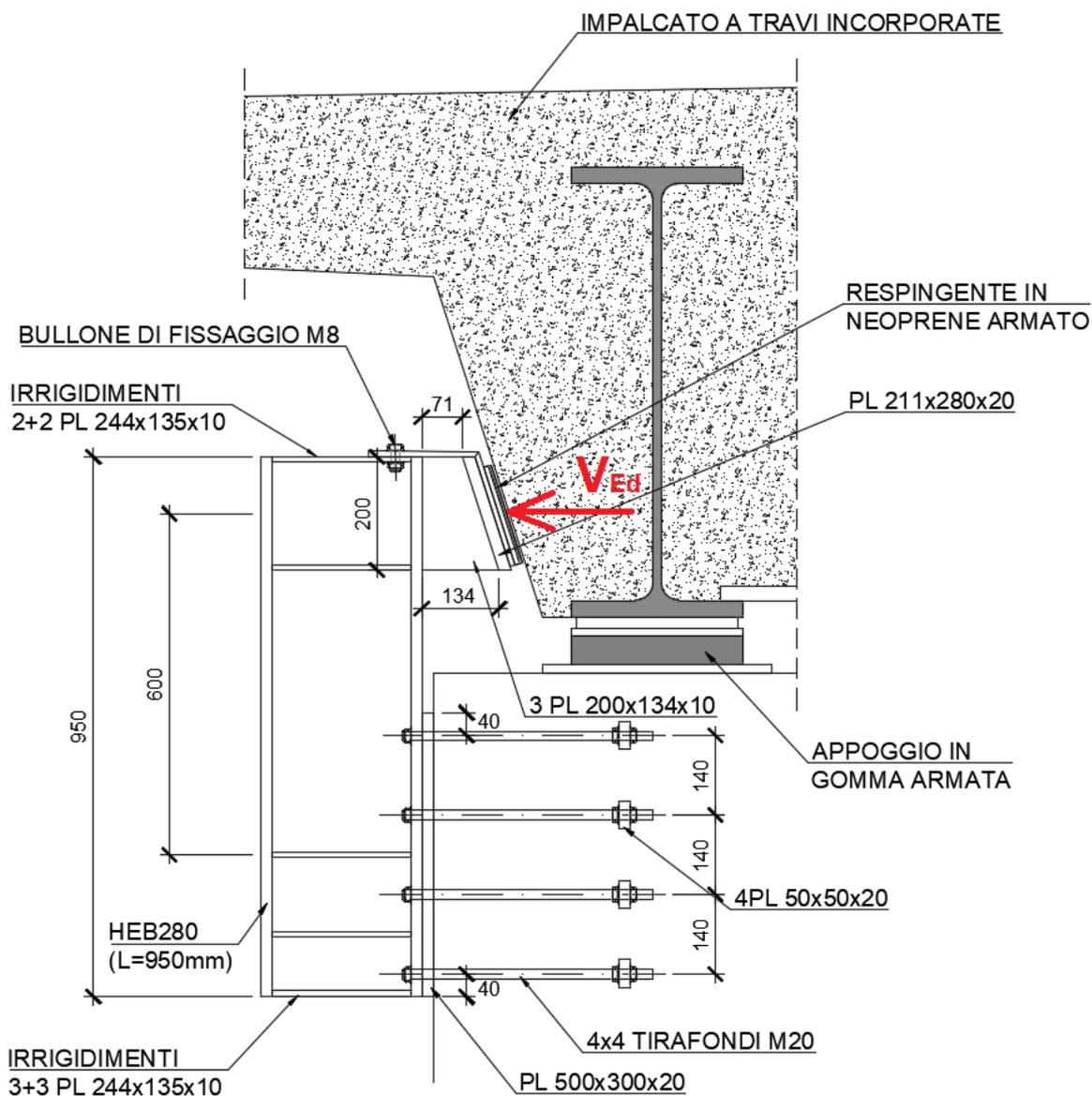
Sono previste due tipologie di ritegni trasversali, un TIPO "1" che è quello tipo ed un TIPO "2" da collocare sulla spalla S2 lato binari Linea Storica.

I ritegni trasversali TIPO "1" sono realizzati mediante l'impiego di profilati metallici HEB240 e piatte saldate. Il TIPO "2" prevede l'impiego di un profilato metallico HEB280. Essi sono fissati alle spalle mediante una piastra con tirafondi. Su ciascuna delle due spalle sono posizionati 2 ritegni, uno su ciascun lato della sezione trasversale dell'impalcato.



*Ritegni trasversali – TIPO "1"*

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b> PAGINA <b>79 di 87</b>



*Ritegno trasversale su spalla S2 lato binari Linea Storica – TIPO “2”*

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>80 di 87</b>

Il massimo taglio in direzione trasversale sul singolo ritegno è pari a:

$$V_{Ed} = V_{TOT,trasv.} / n_{rt}$$

dove:

$V_{TOT,trasv.}$  è l'azione orizzontale (trasversale) globale da impalcato allo SLU per la combinazione più gravosa delle azioni

$n_{rt}$  è il numero di ritegni trasversali per ciascuna estremità dell'impalcato

Nel caso in esame risulta:

$$V_{Ed} = V_{TOT,trasv.} / n_{rt} = 502 \text{ kN} / 2 = 251 \text{ kN}$$

### RITEGNI TIPO "1"

Il massimo flettente nella sezione di attacco con la piastra è pari a:

$$M_{max} = V_{TOT,trasv.} * d_{rt} = 251 \text{ kN} * 0.28 \text{ m} = 70.28 \text{ kNm}$$

avendo indicato con  $d_{rt}$  la distanza tra il centro del ritegno e la sezione di attacco dello stesso con la spalla.

Si riporta l'esito della verifica a flessione del profilato metallico HEB240:

$$\sigma = M/W = 70.28 * 10^6 / 938300 = 74.90 \text{ N/mm}^2$$

La tensione massima nell'acciaio è di  $74.90 \text{ N/mm}^2$  ed è minore della tensione limite consentita pari invece a  $f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1.05 = 338.1 \text{ N/mm}^2$ . La verifica risulta pertanto soddisfatta.

Per la verifica a taglio, invece, la tensione tangenziale massima deve risultare minore della tensione tangenziale limite:

$$\tau = V_{Ed} * S_{xp} / (S_p * J_p) = 117.48 \text{ N/mm}^2 < f_{yk} / (\gamma_{M0} * 3^{0.5}) = 195.2 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. <b>B</b>	PAGINA <b>81 di 87</b>

Il collegamento tra la piastra metallica a cui è saldato il profilato HEB280 e la spalla è realizzato mediante 16 tirafondi M20 di classe 8.8, disposti su quattro file con interasse pari a 120mm.

Si riporta la verifica a taglio e trazione dell'unione.

Per la verifica in presenza combinata di trazione e taglio deve risultare:

$$F_{V,Ed} / \min(F_{V,Rd}; F_{b,Rd}) + F_{t,Ed} / (1.4 * \min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})) \leq 1$$

in cui:

$F_{V,Ed}$  è lo sforzo di taglio di calcolo sui tirafondi

$F_{t,Ed}$  è lo sforzo di trazione di calcolo sui tirafondi

$\min(F_{V,Rd}; F_{b,Rd})$  è la resistenza di calcolo a taglio dell'unione che è pari al valore minimo tra la resistenza di calcolo a taglio dei tirafondi ( $F_{V,Rd}$ ) e la resistenza al rifollamento del piatto dell'unione ( $F_{b,Rd}$ )

$\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})$  è la resistenza di calcolo a trazione dell'unione che è pari al valore minimo tra la resistenza di calcolo a trazione dei tirafondi ( $F_{t,Rd}$ ) e la resistenza a punzonamento del piatto collegato ( $B_{p,Rd}$ )

Nel caso in esame risulta:

$$20.92 \text{ kN} / 94.08 \text{ kN} + 73.21 \text{ kN} / (1.4 * 141.12 \text{ kN}) = 0.22 + 0.37 = 0.59 \leq 1$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### RITEGNO TIPO "2"

Il massimo flettente nella sezione di attacco con la piastra è pari a:

$$M_{\max} = V_{\text{TOT,trasv.}} * d_{rt} = 251 \text{ kN} * 0.60 \text{ m} = 150.6 \text{ kNm}$$

avendo indicato con  $d_{rt}$  la distanza tra il centro del ritegno e la sezione di attacco dello stesso con la spalla.

Si riporta l'esito della verifica a flessione del profilato metallico HEB280:

Si riporta l'esito della verifica a flessione del profilato metallico HEB280:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
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 Relazione di calcolo impalcato	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.0.9.00.001	REV. B	PAGINA 82 di 87

$$\sigma = M/W = 150.6 \cdot 10^6 / 1376000 = 109.45 \text{ N/mm}^2$$

La tensione massima nell'acciaio è di 109.45 N/mm<sup>2</sup> ed è minore della tensione limite consentita pari invece a  $f_{yk}/\gamma_{M0} = 355/1.05 = 338.1 \text{ N/mm}^2$ . La verifica risulta pertanto soddisfatta.

Per la verifica a taglio, invece, la tensione tangenziale massima deve risultare minore della tensione tangenziale limite:

$$\tau = V_{Ed} \cdot S_{xp} / (S_p \cdot J_p) = 95.15 \text{ N/mm}^2 < f_{yk} / (\gamma_{M0} \cdot 3^{0.5}) = 195.2 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

Il collegamento tra la piastra metallica a cui è saldato il profilato HEB280 e la spalla è realizzato mediante 16 tirafondi M20 di classe 8.8, disposti su quattro file con interasse pari a 140mm.

Si riporta la verifica a trazione (trazione pura + trazione da flessione) dei tirafondi.

Per la verifica a trazione deve risultare:

$$F_{t,Ed} / \min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd}) \leq 1$$

in cui:

$F_{t,Ed}$  è lo sforzo di trazione di calcolo sui tirafondi (trazione pura + trazione da flessione)

$\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})$  è la resistenza di calcolo a trazione dell'unione che è pari al valore minimo tra la resistenza di calcolo a trazione dei tirafondi ( $F_{t,Rd}$ ) e la resistenza a punzonamento del piatto collegato ( $B_{p,Rd}$ )

Nel caso in esame risulta:

$$(15.69 \text{ kN} + 89.64 \text{ kN}) / 141.12 \text{ kN} = 0.75 \leq 1$$

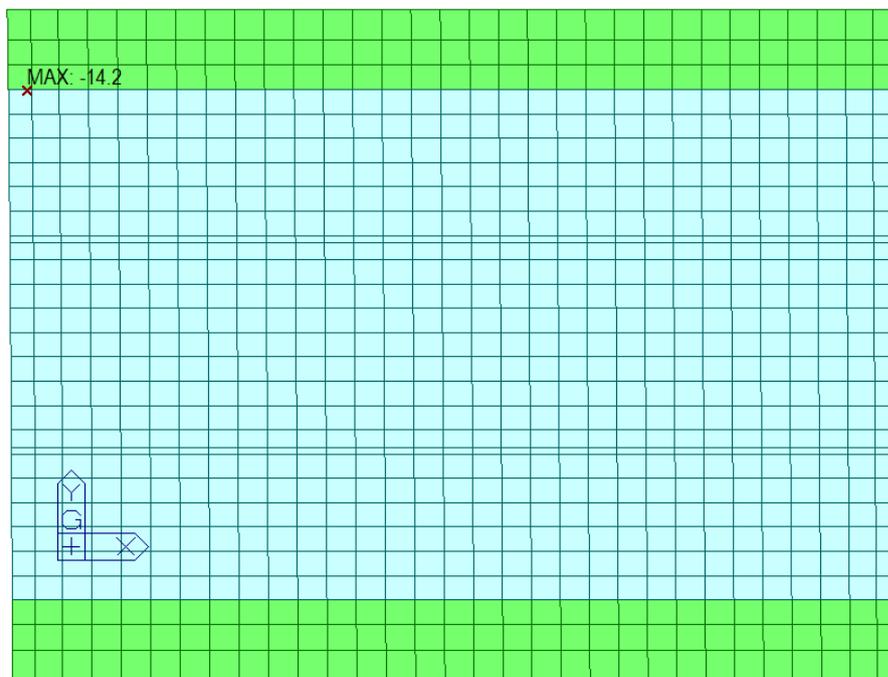
La verifica risulta pertanto soddisfatta.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IN.0.9.00.001</b>	REV. PAGINA <b>B 83 di 87</b>

## 16 VARIE

### 16.1 VERIFICA GIUNTI

Si riporta di seguito la verifica dei giunti, condotta utilizzando i risultati ottenuti delle analisi sul modello di calcolo implementato.



```

midas Gen
POST-PROCESSOR
DEFORMED SHAPE

X-DIRECTION
X-DIR= -14.23
NODE= 1023
Y-DIR= 0.00
NODE= 1
Z-DIR= 0.00
NODE= 1
COMB.= 23.09
NODE= 1253
SCALEFACTOR=
5.350E+001

CBall: INV SLU-s-
MAX : 1022
MIN : 1023
FILE: Impalcato_-
UNIT: mm
DATE: 06/21/2018
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

```

*Spostamenti in direzione longitudinale – SLU*

Il massimo spostamento di progetto allo SLU è di 14.23 mm.

Ne consegue che il giunto previsto in progetto di 100 mm è sufficiente a consentire gli spostamenti relativi e scongiurare possibili fenomeni di martellamento.

La verifica dei giunti è pertanto soddisfatta.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di calcolo impalcato</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B	84 di 87	

## 16.2 VERIFICA PIASTRA BASE PARAPETTO

Si riporta di seguito la verifica strutturale dei tasselli chimici M16 della piastra di base 280x180x10 del montante parapetto. Il momento flettente è dato da un carico applicato in testa pari a 10 KN. La piastra di base è pertanto sollecitata ad una sollecitazione flessionale pari a 11 kNm ed un taglio di 10 KN. Di seguito la verifica:

### 1 Dati da inserire

<b>Tipo e dimensione dell'ancorante:</b>	<b>HIT-RE 500-SD + HIT-V (8.8) M16</b>	
Profondità di posa effettiva:	$h_{ef,opt} = 112 \text{ mm}$ ( $h_{ef,limit} = 320 \text{ mm}$ )	
Materiale:	8.8	
Certificazione No.:	ETA 07/0260	
Emesso l Valido:	26/06/2013   16/05/2018	
Prova:	metodo di calcolo ETAG BOND (EOTA TR 029)	
Fissaggio distanziato:	$e_p = 0 \text{ mm}$ (Senza distanziamento); $t = 12 \text{ mm}$	
Piastra d'ancoraggio:	$l_x \times l_y \times t = 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$ ; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)	
Profilo:	IPE; ( $L \times W \times T \times FT$ ) = $300 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 11 \text{ mm} \times 11 \text{ mm}$	
Materiale base:	fessurato calcestruzzo, C25/30, $f_{cc} = 30,00 \text{ N/mm}^2$ ; $h = 10000 \text{ mm}$ , Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C	
Installazione:	Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto	
Armatura:	nessuna armatura o interasse tra le armature $\geq 150 \text{ mm}$ (qualunque $\emptyset$ ) o $\geq 100 \text{ mm}$ ( $\emptyset \leq 10 \text{ mm}$ ) senza armatura di bordo longitudinale	

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> 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: <b>SYSTRA S.A.</b> Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impalcato	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ CL IN.0.9.00.001 B 85 di 87

## 2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

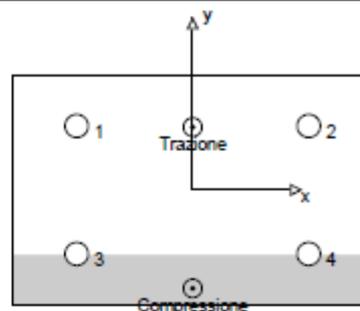
Condizione di carico: Carichi di progetto

Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	43,224	2,500	0,000	2,500
2	43,224	2,500	0,000	2,500
3	0,412	2,500	0,000	2,500
4	0,412	2,500	0,000	2,500

Compressione max. nel calcestruzzo: 0,53 [%]  
Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: 15,97 [N/mm<sup>2</sup>]  
risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0/49): 87,271 [kN]  
risultante delle forze di compressione (x/y)=(0/-77): 87,271 [kN]



## 3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_s$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	43,224	64,000	68	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	87,271	115,569	76	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	87,271	87,863	100	OK
Fessurazione**	N/A	N/A	N/A	N/A

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

### 3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]
96,000	1,500	64,000	43,224

### 3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{Rk,cor,25}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$c_{tr,N}$ [mm]	$h_{ef,1/2h_{ef}}$ [mm]
181584	82944	24,00	268	144	$\infty$	96
$\gamma_c$	$\tau_{Rk,cor}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	k	$\frac{V_{Ed,Np}}{V_{Rk,Np}}$	$\frac{V_{Ed,Np}}{V_{Rk,Np}}$		
1,000	22,00	2,300	1,000	1,000		
$e_{cr1,N}$ [mm]	$\frac{V_{Ed1,Np}}{V_{Rk1,Np}}$	$e_{cr2,N}$ [mm]	$\frac{V_{Ed2,Np}}{V_{Rk2,Np}}$	$\frac{V_{Ed,Np}}{V_{Rk,Np}}$		
0	1,000	49	0,748	1,000	1,000	
$N_{Rk,c}$ [kN]	$N_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]		
106,161	173,354	1,500	115,569	87,271		

### 3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]			
481425	308025	278	565			
$e_{cr1,N}$ [mm]	$\frac{V_{Ed1,N}}{V_{Rk1,N}}$	$e_{cr2,N}$ [mm]	$\frac{V_{Ed2,N}}{V_{Rk2,N}}$	$\frac{V_{Ed,N}}{V_{Rk,N}}$	$\frac{V_{Ed,N}}{V_{Rk,N}}$	$k_1$
0	1,000	49	0,850	1,000	1,000	7,200
$N_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]			
99,232	1,500	87,863	87,271			

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b>	Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>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</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impalcato	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	IN.0.9.00.001	B	86 di 87

#### 4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_V$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	2,500	45,600	6	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout**	10,000	206,791	5	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione **	N/A	N/A	N/A	N/A

\*ancorante più sollecitato    \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

##### 4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Rd,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Ed}$ [kN]
57,000	1,250	45,600	2,500

##### 4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

$A_{s,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{tr,N}$ [mm]	$s_{tr,N}$ [mm]	k-factor	$k_1$
481425	308025	278	555	2,000	7,200
$e_{1,V}$ [mm]	$\gamma_{M,c1,N}$	$e_{2,V}$ [mm]	$\gamma_{M,c2,N}$	$\gamma_{M,N}$	$\gamma_{M,N}$
0	1,000	0	1,000	1,000	1,000
$N_{Rd,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,c1}$ [kN]	$V_{Ed}$ [kN]		
99,232	1,500	206,791	10,000		

#### 5 Carichi combinati di trazione e di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.4)

$\beta_N$	$\beta_V$	$\alpha$	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0,993	0,055	1,000	85	OK

$$(\beta_N + \beta_V) / 1.2 \leq 1$$

#### 6 Spostamenti (ancorante più sollecitato)

Carichi a breve termine:

$N_{sk}$ = 32,018 [kN]	$\delta_N$ = 0,310 [mm]
$V_{sk}$ = 1,852 [kN]	$\delta_V$ = 0,074 [mm]
	$\delta_{NV}$ = 0,319 [mm]

Carichi a lungo termine:

$N_{sk}$ = 32,018 [kN]	$\delta_N$ = 0,723 [mm]
$V_{sk}$ = 1,852 [kN]	$\delta_V$ = 0,111 [mm]
	$\delta_{NV}$ = 0,732 [mm]

