

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria

Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA

LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

Opere d'arte maggiori - Ponti e Viadotti ferroviari

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59

Relazione di calcolo Spalla S2

L'Appaltatore Ing. Gianguido Babini	A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l. Il Direttore Tecnico (Ing. Gianguido Babini)	I progettisti (il Direttore della progettazione) Ing. Massimo Facchini
Data Dicembre 2022	firma	Data Dicembre 2022
		firma



COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I O B	0 2	E	Z Z	C L	V I 0 2 0 4	0 0 2	B	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	Marino	Dicembre 2022	Martignoni	Dicembre 2022	Rinaldi	Dicembre 2022	
B	Aggiornamento per RdV	Marino	23/05/23	Martignoni	24/05/23	Rinaldi	25/05/23	



MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	1

INDICE

1.. PREMESSA	4
2.. DESCRIZIONE DELL'OPERA	5
2.1 Descrizione della spalla in esame	9
3.. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	11
3.1 Normativa di riferimento	11
3.2 Normativa tecnica nazionale	11
3.3 Manuali ITF	12
3.4 Bibliografia e altri riferimenti	12
4.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	13
4.1 Calcestruzzo	13
4.2 Acciaio	14
4.3 Durabilità	15
5.. APPROCCIO DI CALCOLO.....	19
5.1 Caratteristiche delle opere.....	19
5.2 Criteri generali di verifica	19
5.3 Software di calcolo	26
5.4 Validazione programmi di calcolo	28
6.. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	29
6.1 Categoria di sottosuolo.....	29
6.2 Capacità portante dei pali e stratigrafia di progetto.....	29
7.. ANALISI DEI CARICHI	30
7.1 Azioni permanenti strutturali (G_1).....	30
7.2 Azioni permanenti non strutturali (G_2).....	30
7.3 Ritiro del calcestruzzo (ϵ_2)	33
7.4 Spinta del terreno (G_3).....	34
7.5 Azioni variabili verticali (Q)	37
7.6 Azioni Eccezionali (A).....	47
7.7 Azioni variabili orizzontali (Q)	52
7.8 Azione del vento (Q_6)	65
7.9 Azione sismica (e).....	70
7.10 Variazioni termiche (Q_7)	84
7.11 Attrito (Q_8)	84
7.12 Scarichi agli appoggi	85

<small>MANDATARIA</small>  <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	<small>MANDANTI</small> 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	<small>COMMESSA</small> LI0B	<small>LOTTO</small> 02	<small>FASE</small> E	<small>ENTE</small> ZZ	<small>TIPO DOC</small> CL	<small>OPERA 7 DISCIPLINA</small> VI 02 04			<small>PROGR</small> 002

8..	COMBINAZIONI DI CARICO	87
8.1	Combinazioni di carico adottate.....	88
9..	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	93
9.1	Elementi in cemento armato.....	93
10.	MODELLO DI CALCOLO	99
11.	ANALISI GENERALE SPALLA FISSA S2	101
11.1	Azione impalcati.....	101
11.2	Sollecitazioni elevazione	107
11.3	Sollecitazioni in fondazione	114
11.4	Sollecitazioni muro paraghiaia.....	123
11.5	Verifiche plinto fondazione	127
11.6	Verifiche Muro Frontale	139
11.7	Verifiche Muro Paraghiaia	150
12.	ANALISI CARICHI MODELLO TRASVERSALE SPALLA	156
12.1	Azioni permanenti strutturali (G_1) e non strutturali (G_2)	156
12.2	Azioni variabili verticali da traffico ferroviario	157
12.3	Carichi sui marciapiedi	160
12.4	Carico eccezionale dovuto al deragliamentto	161
12.5	Carico da vento sulla barriera antirumore.....	164
12.6	Azione aerodinamica da traffico ferroviario.....	166
12.7	Variazioni termiche (Q_7)	168
12.8	Distorsioni e deformazioni impresse (P) (ϵ)	169
13.	ANALISI TRASVERSALE SPALLA	173
13.1	Descrizione del modello FEM.....	173
13.2	Verifiche strutturali.....	180
14.	ANALISI MURO POSTERIORE SPALLA.....	194
14.1	Analisi carichi muro posteriore spalla	194
14.2	Azioni permanenti non strutturali (G_2).....	194
14.3	Spinta del terreno (G_3).....	195
14.4	Descrizione del modello FEM.....	201
14.5	Verifiche strutturali.....	204
15.	VERIFICHE LOCALI.....	209
15.1	Baggioli	209
15.2	Deformabilità spalla.....	211
15.3	Ritegni.....	214

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	3

16.	RIEPILOGO INCIDENZE C.A.	216
17.	APPOGGI E GIUNTI	217
17.1	Appoggi	217
17.2	Escursione dei giunti	217
18.	ALLEGATI DI CALCOLO	219

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	4

1. PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto esecutivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al raddoppio ferroviario della Linea Bari - Pescara nella tratta Termoli - Ripalta, per uno sviluppo complessivo di 24.930,52 km.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata "OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI".

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

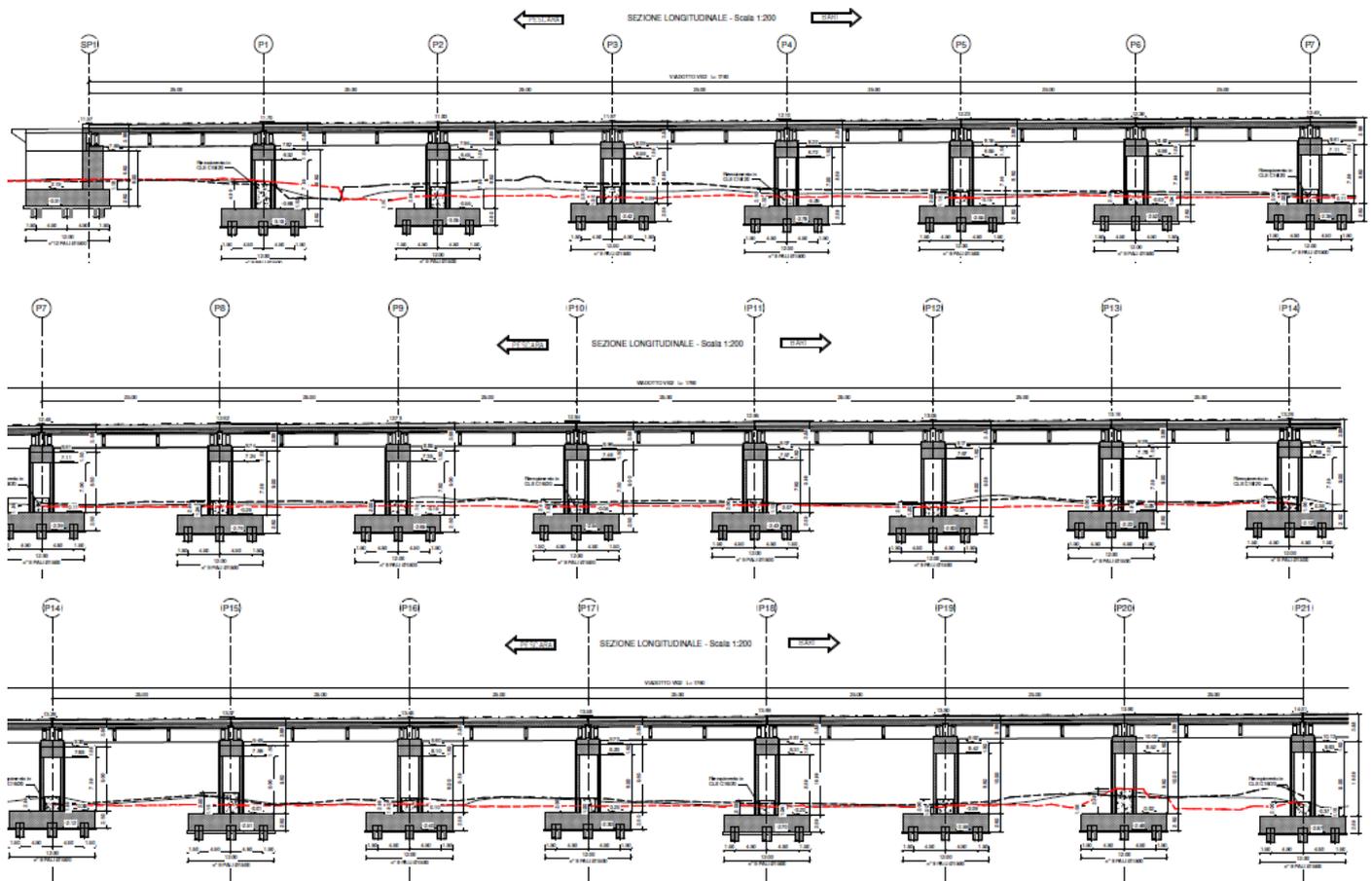
**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	5

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

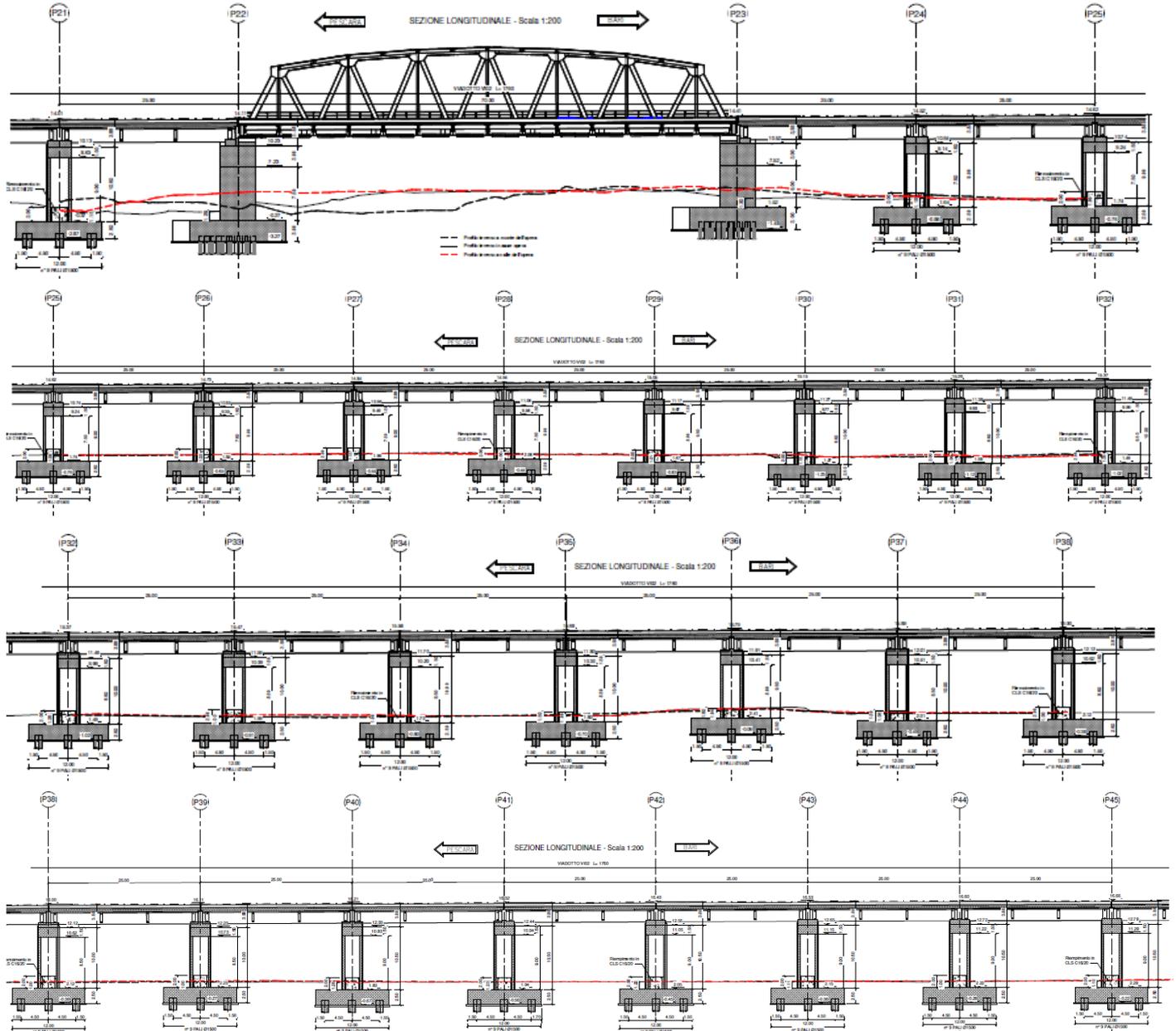
La presente relazione ha per oggetto l'analisi e la verifica della Spalla 02 che sostiene la campata in CAP da 25 m del viadotto ferroviario denominato VI02, previsto tra le progressive chilometriche 3+388,59 a km 5+149,59.

Il viadotto, avente lunghezza complessiva pari a circa 1760 m, è a doppio binario di cui le campate 22, 56 e 57 sono di luce pari a 70 m in acciaio a vie inferiori e le restanti campate (numero 62) sono in semplice appoggio da 25 m costituite da quattro travi a cassoncino in c.a.p. preteso. La piattaforma ha una larghezza totale di 13.70 m ed ospita due binari posti ad interasse di 4.0 m.



**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	6



**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	7

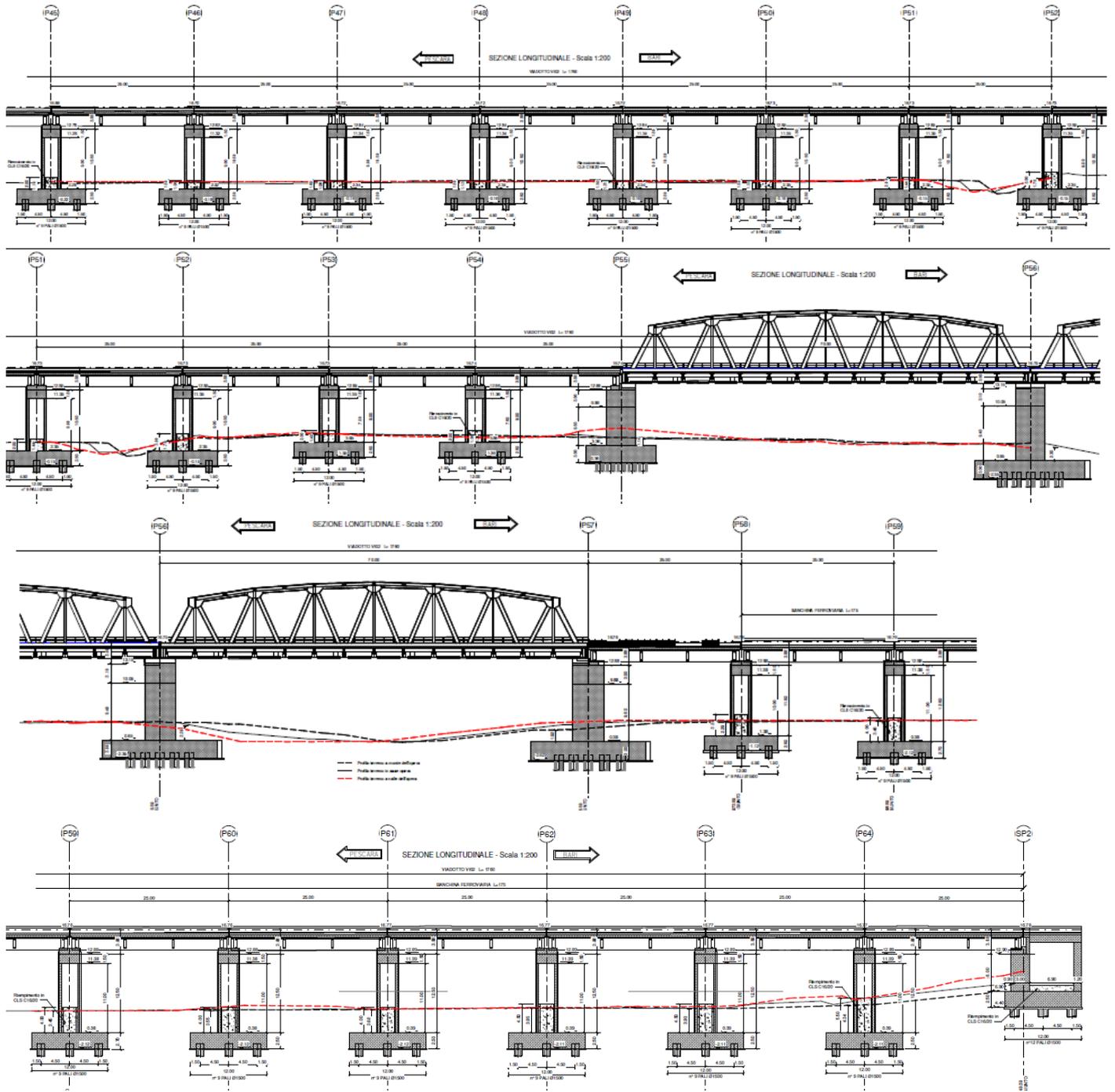


Figura 1 – Profilo longitudinale VI02

Gli impalcati in c.a.p. sono costituiti da quattro cassoncini in c.a.p. preteso hanno altezza pari a 2.10 m ed interasse pari a 2.41 m. Al di sopra dei cassoncini viene realizzata una soletta in calcestruzzo gettata in opera avente spessore variabile da un minimo di 0.30 m ad un massimo di 0.40 in asse impalcato.

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	8

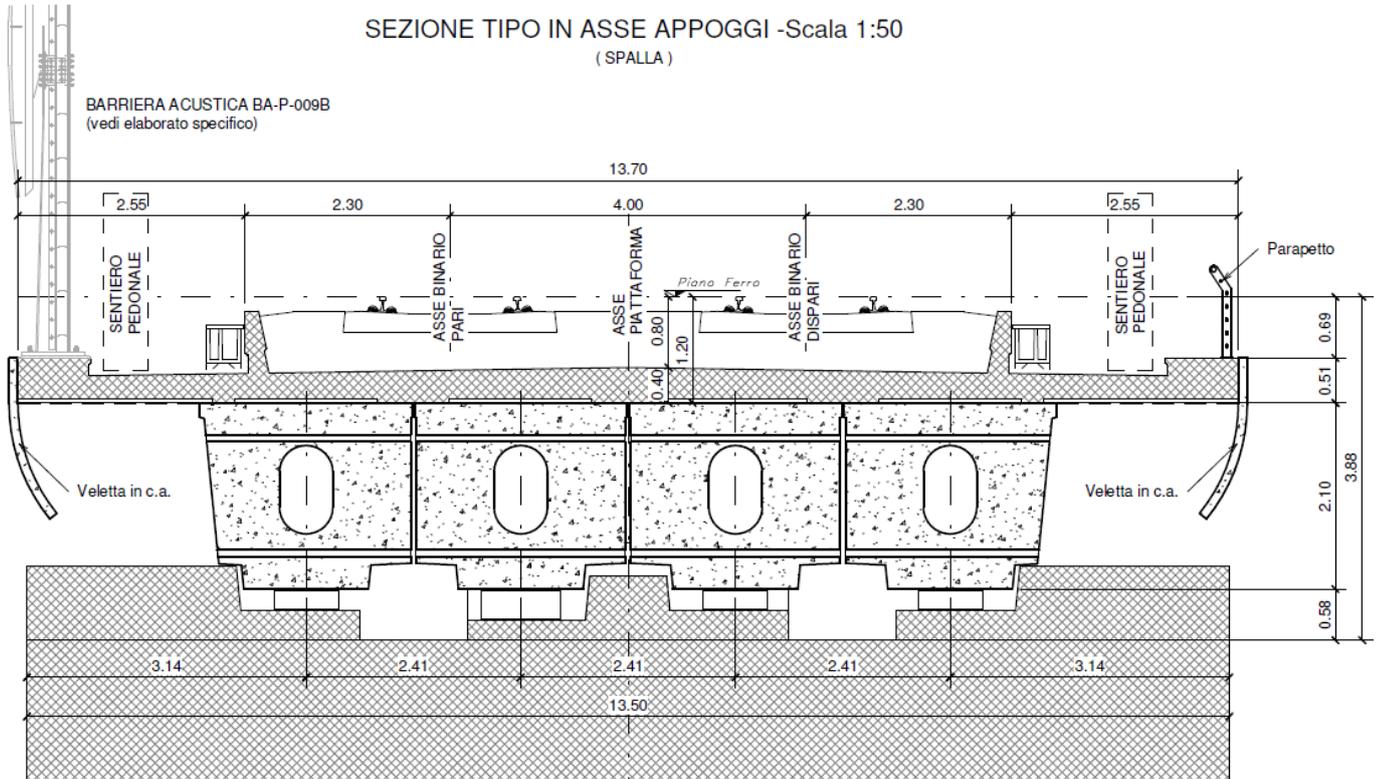


Figura 2 – Sezione trasversale impalcato

Nel presente documento si analizzano alcune delle sottostrutture del viadotto in esame.

WBS	SPALLE	H _{calcolo}	Tipo	IMPALCATI							SISMA		FONDAZIONE				
				R _{min}	Lato sx	L [m]	App.	Lato dx	L [m]	App.	Zona Sismica	Categoria Sottosuolo	D _{pali} [m]	n _{pali} [m]	Stratig.	Liquefaz.	Scalzam. [m]
				[m]													
VI02	S01	5.5	Tipica	5000	-	-	-	C.a.p.	25	Mobile	S1	D	1.5	12	2	SI	3.5
	S02	6.0	Scatolare	2400	C.a.p.	25	Fisso	-	-	-	S1	C	1.5	12	2	NO	-

Tabella 1 – Sintesi delle spalle VI02

Oggetto del presente documento sono quindi le analisi e le verifiche delle spalle, in particolare della spalla S02, relativa all'impalcato in c.a.p.

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	9

2.1 DESCRIZIONE DELLA SPALLA IN ESAME

Le sottostrutture consistono in due spalle con fondazioni di tipo profondo su pali. La spalla indicata con “S02” è la spalla fissa mentre quella indicata con “S01” è la spalla mobile. Il presente documento contiene le verifiche strutturali e geotecniche della spalla S02.

Di seguito si riportano alcune immagini esplicative delle sottostrutture in esame. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

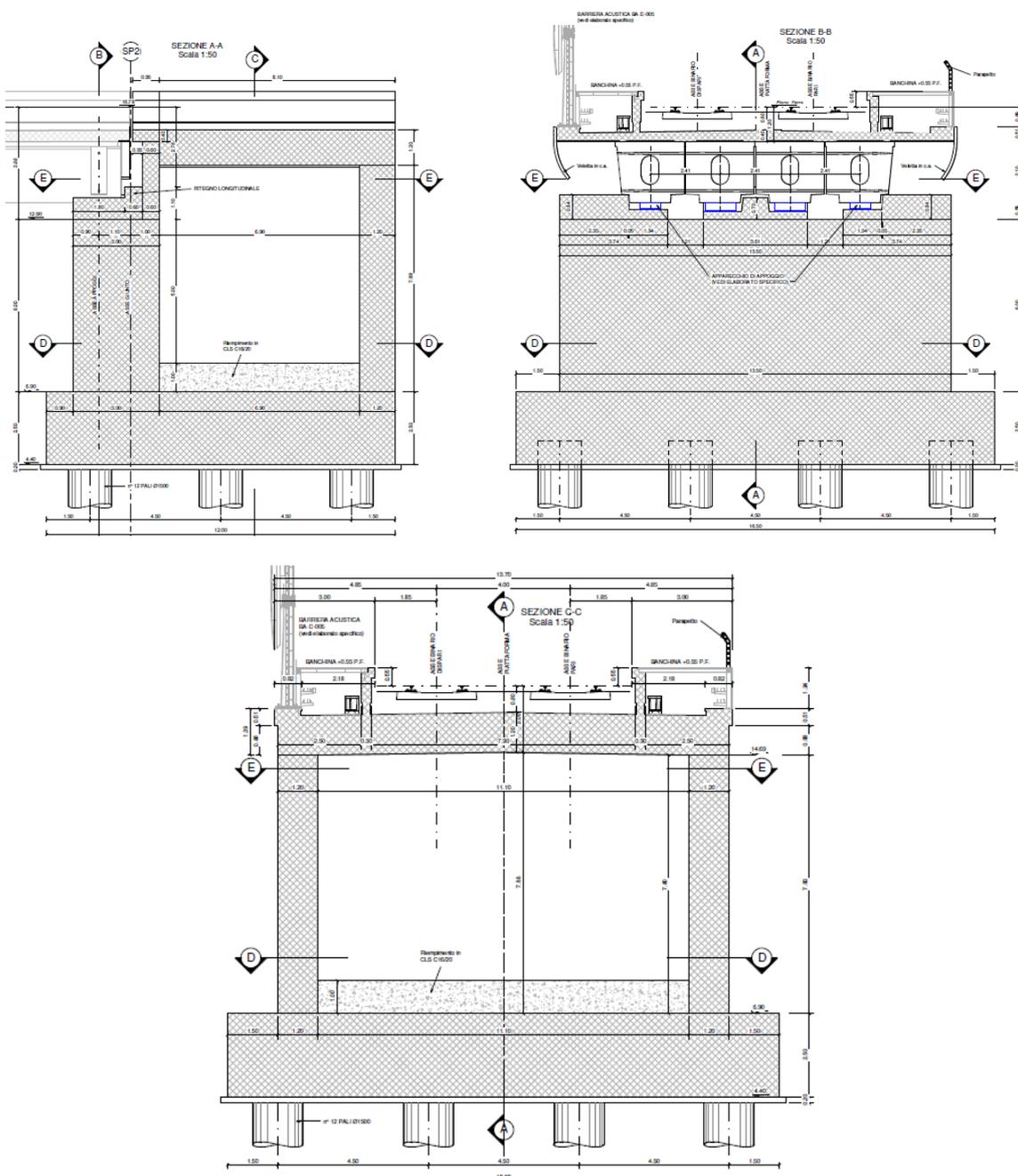


Figura 3 – Sezioni in direzione longitudinale e trasversale

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	10

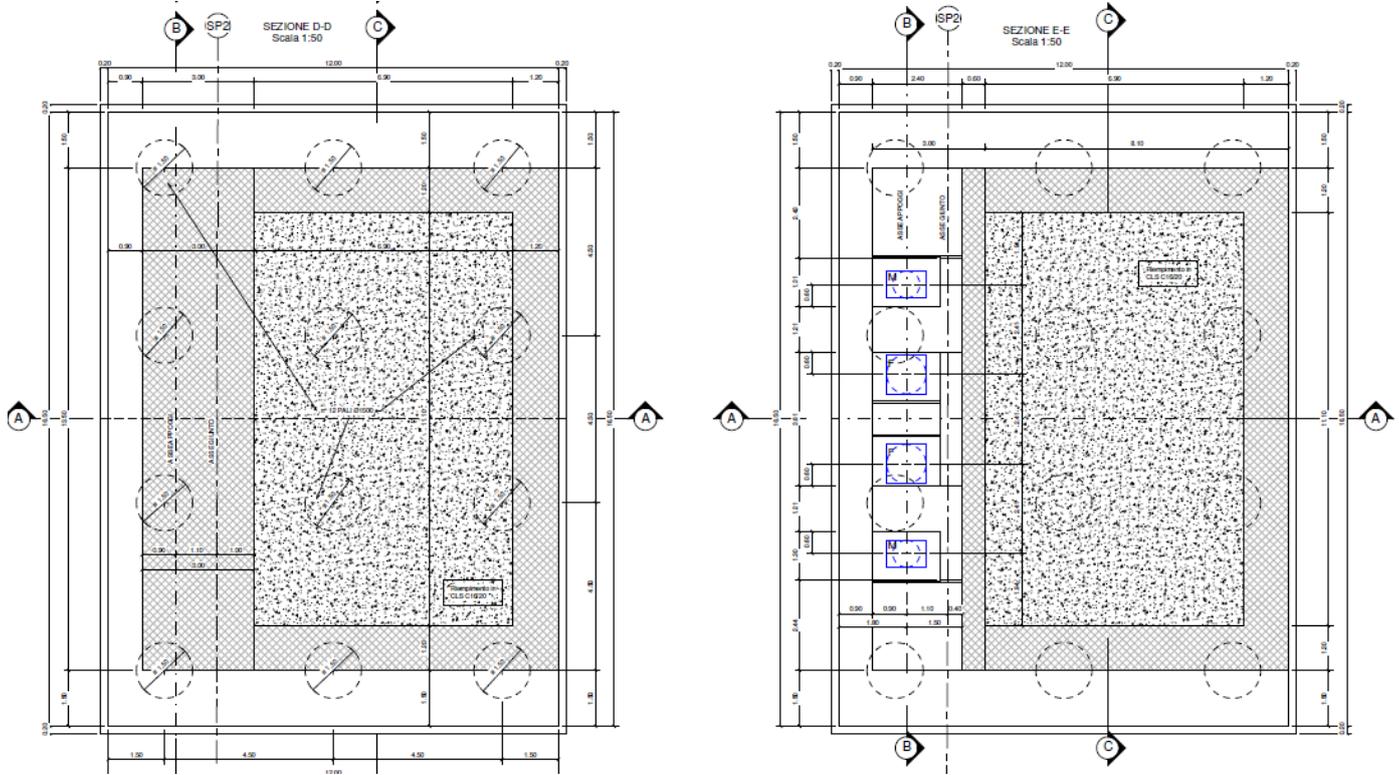


Figura 4 – Vista in pianta

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	11

3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

3.1.1 Specifiche tecniche interoperabilità ferroviarie

[1] Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.

3.1.2 Materiali

[2] UNI 11104: 2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206”;

[3] UNI EN 206: 2014 – “Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;

3.1.3 Costruzioni in c.a. e acciaio

Eurocodice 1 - “Azioni sulle strutture”

[4] UNI EN 1991-1-4:2010 – “Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento”;

[5] UNI EN 1991-1-5:2004 – “Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche”;

[6] UNI EN 1991-1-7:2014 – “Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali”;

[7] UNI EN 1991-2:2005 – “Parte 2: Carichi da traffico sui ponti”;

Eurocodice 2 - “Progettazione delle strutture in calcestruzzo”

[8] UNI EN 1992-1-1:2015 – “Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;

[9] UNI EN 1992-2:2006 – “Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi”;

Eurocodice 3 - “Progettazione delle strutture in acciaio”

[10] UNI EN 1993-1-1:2014 – “Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;

[11] UNI EN 1993-1-3:2007 – “Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l’impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo”;

3.2 NORMATIVA TECNICA NAZIONALE

[12] Legge 5 Novembre 1971 n°1086 – “Norme per la disciplina delle opere in calcestruzzo cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”;

[13] Legge 2 Febbraio 1974 n°64 - “Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;

[14] D.M. 14/01/2008 – “Norme tecniche per le costruzioni”;

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	12

[15] Circolare LL.PP. n°617 02/02/2009 - "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

3.3 MANUALI ITF

- [16] RFI DTC SI PS MA IFS 001 E - Manuale di progettazione delle opere Civili;
- [17] RFI DTC SI SP IFS 001 C – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili;
- [18] RFI DINIC MA PO 00 001 B - Manuale di progettazione Ponti
- [19] RFI DTC ICI PO SP INF 001 A - Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari del 12/10/2009
- [20] RFI DINIC MA PO 00 001 C - Prescrizioni tecniche per la progettazione esecutiva ponti Vol.1 e vol.2
- [21] RFI DTC INC PO SP IFS 003 A - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- [22] RFI DTC INC PO SP IFS 005 A - Specifica per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti negli impalcati ferroviari e cavalcavia.

3.4 BIBLIOGRAFIA E ALTRI RIFERIMENTI

- [23] Lancellotta R. [1991] " Geotecnica" – Edizioni Zanichelli.
- [24] Migliacci – F. Mola – "Progetto agli stati limite delle strutture in c.a." - Masson Italia Editori 1985
- [25] C. Cestelli Guidi - "Geotecnica e tecnica delle fondazioni" - Ulrico Hoepli Editore 1987
- [26] R. Lancellotta – "Geotecnica" - Edizioni Zanichelli 1987
- [27] Bowles J.E.: "Foundations Analysis and Design" 4th edition - McGraw-Hill – New York, 1988
- [28] Bustamante M., Gianceselli L. [1982] - "Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT" -.Pr. of the 2th European symposium on penetration testing, Amsterdam.

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	13

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO

4.1.1 Calcestruzzo per magrone sottofondi

Classe minima	C12/15
Classe di esposizione ambientale	XC0

4.1.2 Calcestruzzo pali e plinti di fondazione

Classe minima	C25/30
Classe di esposizione ambientale	XC2
Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg	$R_{ck} \geq 30$ MPa
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = R_{ck} * 0.83 = 24.90$ MPa
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90$ MPa
Modulo elastico	$E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447$ MPa
Valore medio di resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 * (f_{ck})^{2/3} = 2.56$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} = 1.79$ MPa
<u>Stato limite ultimo</u>	
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C = 1.5$
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{CC} = 0.85$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{CC} * f_{ck} / \gamma_C = 14.11$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C = 1.19$ MPa
Valore ultimo della deformazione a compressione	$\epsilon_{cu} = 3.5 \%$
<u>Stato limite di esercizio</u>	
Tensione max di compressione – Comb. Rara	$\sigma_c = 0.55 * f_{ck} = 13.70$ MPa
Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.	$\sigma_c = 0.40 * f_{ck} = 9.96$ MPa

4.1.3 Calcestruzzo parti in elevazione pile, spalle e solettoni

Classe minima	C32/40
Classe di esposizione ambientale	XC4 – XS1
Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg	$R_{ck} \geq 40$ MPa
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = R_{ck} * 0.83 = 33.20$ MPa
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20$ MPa
Modulo elastico	$E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643$ MPa
Valore medio di resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 * (f_{ck})^{2/3} = 3.10$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} = 2.17$ MPa
<u>Stato limite ultimo</u>	
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C = 1.5$
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{CC} = 0.85$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{CC} * f_{ck} / \gamma_C = 18.81$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C = 1.45$ MPa
Valore ultimo della deformazione a compressione	$\epsilon_{cu} = 3.5 \%$
<u>Stato limite di esercizio</u>	

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	14

Tensione max di compressione – Comb. Rara $\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} = 18.26$ MPa
 Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm. $\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} = 13.28$ MPa

4.1.4 Calcestruzzo per baggioli e ritegni

Classe minima C32/40
 Classe di esposizione ambientale XC4 – XS1
 Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg $R_{ck} \geq 40$ MPa
 Resistenza caratteristica a compressione cilindrica $f_{ck} = R_{ck} \cdot 0.83 = 33.20$ MPa
 Resistenza media a compressione cilindrica $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20$ MPa
 Modulo elastico $E_c = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643$ MPa
 Valore medio di resistenza a trazione semplice $f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 3.10$ MPa
 Resistenza di calcolo a trazione semplice $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17$ MPa

Stato limite ultimo
 Coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_c = 1.5$
 Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata $\alpha_{CC} = 0.85$
 Resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = \alpha_{CC} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 18.81$ MPa
 Resistenza di calcolo a trazione semplice $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.45$ MPa
 Valore ultimo della deformazione a compressione $\epsilon_{cu} = 3.5$ ‰

Stato limite di esercizio
 Tensione max di compressione – Comb. Rara $\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} = 18.26$ MPa
 Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm. $\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} = 13.28$ MPa

4.2 ACCIAIO

4.2.1 Acciaio d'armatura in barre per calcestruzzo armato

Tensione caratteristica di rottura a trazione $f_{tk} = \geq 540$ MPa
 Tensione caratteristica di snervamento a trazione $f_{yk} = \geq 450$ MPa
 Modulo elastico $E_s = 200000$ MPa

Stato limite ultimo
 Coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_s = 1.15$
 Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30$ MPa
 Valore ultimo della deformazione a trazione $\epsilon_{cu} = 10$ ‰

Stato limite di esercizio
 Tensione max di trazione $\sigma_s = 0.75 \cdot f_{yk} = 337.50$ MPa

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	15

4.3 DURABILITÀ

4.3.1 Conglomerati cementizi

Le classi di esposizione e le conseguenti limitazioni sulla composizione del calcestruzzo sono state ricavate ai sensi della normativa UNI EN 206: 2016 e UNI 11104: 2016, delle istruzioni contenute nella C.M. n°7 per l'applicazione delle NTC 2008, a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

A seconda dell'esposizione ambientale, per opere con $V_N = 50$ anni la circolare al punto §C4.1.6.1.3 impone il rispetto dei limiti di copriferro riportati nella tabella successiva.

Per classi di resistenza inferiori a C_{min} i valori sono da aumentare di $\Delta c_{min} = +5$ mm.

Per produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferri, i valori della tabella possono essere ridotti di $\Delta c_{min} = -5$ mm.

A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa Δc_{dev} .

Nella norma UNI EN 1992-1-1 sono indicati al §4.4.1.3 i metodi per la valutazione rigorosa dei copriferri in base alla tipologia di armature e altre particolari specifiche di dettaglio previste in progetto.

Nelle tabelle seguenti si indicano i copriferri nominali c_{nom} e i parametri di mix design minimi richiesti dalle normative per ottenere le prestazioni di durabilità minime di progetto.

prospetto 5 Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

UNI 11104:2016	Classi di esposizione																				
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotte dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotte da cloruri						Attacchi da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico					
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti			XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3		
Massimo rapporto a/c	-	0,80			0,50	0,50			0,45			0,55		0,50		0,45	0,55	0,50	0,45		
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30			C30/37	C32/40	C32/40			C35/45			C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C30/37	C32/40	C35/45	
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)	-	300			320	340	340			360			320	340	360	320	340	360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)																b)	4,0 a)				
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare a secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della all'acqua di mare adeguata resistenza al UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati. c)					

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390-9, UNI CEN/TR 15177 0 UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. Il valore minima di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con b) Dupper >20mm, per Dupper inferiori limite minima andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per Dupper tra 12 mm e 16 mm).

b) Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.

c) Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.

d) Quando si applica il concetto di valore k il rapporto massimo a/c e il contenuto minima di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

Tabella 2 - Prospetto requisiti di mix-design (UNI 11104)

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

La classe di resistenza minima C_{min} indicata in tabella deve comunque intendersi riferita alla pertinente classe di esposizione di cui alla UNI EN 206:2016 richiamata nella Tabella 4.1.III delle NTC.

Tabella 3 - Copriferri minimi in mm (VN = 50 anni)

MANDATARIA 	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	16

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4 - Condizioni ambientali e classi di esposizione

NOME: FONDAZIONI	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2008)	Rev. 00.1
CLASSE DI ESPOSIZIONE		
Corrosione da carbonatazione XC2	Ambiente prevalentemente acquoso o saturo d'acqua, raramente secco. Cls a contatto con acqua per lungo tempo. Cls di strutture di contenimento acqua. Cls di molte fondazioni.	
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)		Mix design di progetto:
Rapporto max A/C	XC2 0,60	XC2 0,6
Classe di resistenza minima	C25/30	C25/30
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	300	300
Contenuto minimo di aria (%)	-	-
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)	-	-
Cemento resistente ai solfati	-	-
Cemento resistente all'acqua di mare	-	-
COPRIFERRO NOMINALE		
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$	(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)	
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$	(Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)	
- Margine di scostamento Δc_{dev} (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		Δc_{dev} (mm) 10
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$c_{nom,min}$ (mm)
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)		$c_{min,b}$ (mm) 26
Tipo di acciaio Ordinario		
\varnothing (mm) 26	diametro barra \varnothing (isolata) o equivalente \varnothing_n (raggruppate, vedi §8.9)	
D_{upper} (mm) 25	dimensione max aggregato	
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2008)		$c_{min,dur}$ (mm) 30
Ambiente Ordinario		
Vita nominale 75	valori tabella +5 mm	C C25/30 Classe di resistenza utilizzata
Controllo qualità speciale cls NO	valori tabella	C_0 C35/45
Elemento a piastra NO		C_{min} C25/30
NTC 2008	Condizioni ambientali Ordinarie	Gruppo di esigenza A
		Copriferro nominale c_{nom} (mm) 40

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	17

NOME: ELEVAZIONI	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2008)		Rev. 00.1
CLASSE DI ESPOSIZIONE			
Corrosione da carbonatazione	XC4	Ambiente ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua. Cls in esterni con superfici soggette ad alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. Cls ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2.	
Corrosione da cloruri marini	XS1	Ambiente di aria che trasporta salsedine marina in assenza di contatto con l'acqua di mare. Cls di strutture in zone costiere.	
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)			Mix design di progetto:
	XC4	XS1	XC4+XS1
Rapporto max A/C	0,50	0,50	0,5
Classe di resistenza minima	C32/40	C32/40	C32/40
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	340	340	340
Contenuto minimo di aria (%)	-	-	-
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)	-	-	-
Cemento resistente ai solfati	-	-	-
Cemento resistente all'acqua di mare	-	SI	SI
COPRIFERRO NOMINALE			
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$		(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)	
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$		(Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)	
- Margine di scostamento Δc_{dev} (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)			Δc_{dev} (mm) 10
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)			$c_{nom,min}$ (mm)
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)			$c_{min,b}$ (mm) 26
Tipo di acciaio	Ordinario		
\varnothing (mm)	26	diametro barra \varnothing (isolata) o equivalente \varnothing_n (raggruppate, vedi §8.9)	
D_{upper} (mm)	25	dimensione max aggregato	
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2008)			$c_{min,dur}$ (mm) 40
Ambiente Aggressivo			
Vita nominale	75	valori tabella +5 mm	C C32/40 Classe di resistenza utilizzata
Controllo qualità speciale cls	NO	valori tabella	C_0 C40/50
Elemento a piastra	NO		C_{min} C30/37
NTC 2008	Condizioni ambientali Aggressive	Gruppo di esigenza B	Copriferro nominale c_{nom} (mm) 50

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	18

NOME: BAGGIOLI E RITEGNI	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2008)	Rev. 00.1
CLASSE DI ESPOSIZIONE		
Corrosione da carbonatazione	XC4	Ambiente ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua. Cls in esterni con superfici soggette ad alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. Cls ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2.
Corrosione da cloruri marini	XS1	Ambiente di aria che trasporta salsedine marina in assenza di contatto con l'acqua di mare. Cls di strutture in zone costiere.
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)		Mix design di progetto:
	XC4	XS1
Rapporto max A/C	0,50	0,50
Classe di resistenza minima	C32/40	C32/40
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	340	340
Contenuto minimo di aria (%)	-	-
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)	-	-
Cemento resistente ai solfati	-	-
Cemento resistente all'acqua di mare	-	SI
COPRIFERRO NOMINALE		
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$		(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$		(Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)
- Margine di scostamento Δc_{dev} (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		Δc_{dev} (mm) 10
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$c_{nom,min}$ (mm)
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)		$c_{min,b}$ (mm) 26
Tipo di acciaio	Ordinario	
\varnothing (mm)	26	diametro barra \varnothing (isolata) o equivalente \varnothing_n (raggruppate, vedi §8.9)
D_{upper} (mm)	25	dimensione max aggregato
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2008)		$c_{min,dur}$ (mm) 30
Ambiente Aggressivo		
Vita nominale	75	valori tabella +5 mm
Controllo qualità speciale cls	SI	valori tabella -5 mm
Elemento a piastra	SI	
		C C32/40 Classe di resistenza utilizzata
		C_0 C40/50
		C_{min} C30/37
NTC 2008	Condizioni ambientali Aggressive	Gruppo di esigenza B
		Copriferro nominale c_{nom} (mm) 40

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	19

5. APPROCCIO DI CALCOLO

5.1 CARATTERISTICHE DELLE OPERE

Le opere oggetto della presente relazione sono state progettate e calcolate secondo i metodi della scienza delle costruzioni, adottando per le verifiche il criterio degli stati limite (S.L.).

I criteri generali di sicurezza, le azioni di calcolo e le caratteristiche dei materiali sono stati assunti in conformità con il D.M. 14.01.2008 – “Norme tecniche per le costruzioni” e relativa circolare esplicativa (Circolare 02.02.2009 n. 617/C.S.LL.PP.).

Con riferimento alle NTC, per le opere in oggetto si considerano i seguenti parametri di calcolo:

Vita nominale	$V_N = 75$ anni (§ 2.4.1 “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”)
Classe d’uso	III (§ 2.4.2, “Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l’ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.”)
Coefficiente d’uso	$C_U = 1.5$
Periodo di riferimento	$V_R = V_N \cdot C_U = 112.5$ anni

5.2 CRITERI GENERALI DI VERIFICA

In accordo con quanto definito nel §2.3 delle NTC 2008, devono essere svolte le verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese per Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite d’Esercizio (SLE) secondo opportune combinazioni di carico delle azioni.

5.2.1 Combinazioni di carico

Come riportato al §2.5.3 delle NTC 2008, si considerano le seguenti combinazioni delle azioni:

$Y_{G1} \cdot G_1 + Y_{G2} \cdot G_2 + Y_P \cdot P + Y_{Q1} \cdot Q_{k1} + Y_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + Y_{Q3} \cdot \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione fondamentale SLU
$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione caratteristica rara SLE
$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{j=2}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione frequente SLE
$G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione quasi permanente SLE
$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione sismica SLE e SLU
$G_1 + G_2 + P + A_d + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione eccezionale SLU

G_1 masse dei pesi propri strutturali

G_2 masse dei carichi permanenti non strutturali

P precompressione e pretensione

Q_{ki} masse dei carichi accidentali

E azione sismica

A_d azione eccezionale

ψ_0, ψ_1, ψ_2 coefficienti di contemporaneità delle azioni (Tab.. 2.5.I oppure Tab.. 5.1.VI per i ponti stradali e Tab.. 5.2.VII per i ponti ferroviari)

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	20

5.2.2 Stati limite ultimi

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione:

$$R_d \geq E_d \quad (\text{Eq. 2.2.1})$$

$E_d = E(F_d ; X_d ; a_d)$ valore di progetto della domanda, funzione dei valori di progetto delle azioni (F_d) e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate (a_d)

$R_d = R(F_d ; X_d ; a_d)$ capacità di progetto in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura, funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono (X_d) e dei valori nominali delle grandezze geometriche interessate (a_d)

$F_d = \gamma_F \cdot F_k$ azioni di progetto

$X_d = X_k / \gamma_M$ proprietà del materiale di progetto

a_d parametri geometrici di progetto

γ_M coefficiente parziale di sicurezza del materiale

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- stato limite di equilibrio come corpo rigido: **EQU**
- stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: **STR**
- stato limite di resistenza del terreno: **GEO**

5.2.3 Strutture non geotecniche

Fatte salve le prescrizioni specifiche e con riferimento alle tabelle seguenti, per la progettazione di componenti strutturali che non coinvolgano azioni di tipo geotecnico, i valori dei coefficienti parziali γ_F da assumersi per la determinazione degli effetti delle azioni per le verifiche di equilibrio (SLU EQU) sono quelle della colonna EQU mentre per le verifiche strutturali (SLU STR) sono quelle della colonna A1.

Tab. 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

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

(1) Includendo tutti i valori (E; a; etc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1.0), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1,2 e 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali

I valori campiti in grigio rappresentano l'azione dominante.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	21

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁵⁾	1,00 ⁽⁶⁾	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	γ_{Ced}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

⁽²⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

⁽⁵⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁶⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 6 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU (NTC 2008) – Ponti ferroviari

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione Ψ delle azioni

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	gr_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
Gruppi di	gr_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
carico	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 SLU e SLE	0,80 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

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

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

Tabella 7 - Coefficienti di contemporaneità delle azioni nelle verifiche SLU (NTC 2018) – Ponti ferroviari

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	22

5.2.4 Strutture geotecniche

Per la progettazione di elementi strutturali che coinvolgano azioni di tipo geotecnico (plinti, platee, pali, muri di sostegno, ...) le verifiche strutturali (SLU STR) e geotecniche (SLU GEO) si eseguono adottando due possibili approcci progettuali, fra loro alternativi.

Approccio 1

Le verifiche si conducono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni (γ_F), la resistenza dei materiali (γ_M) e eventualmente la resistenza globale del sistema (γ_R).

In tale approccio nelle rispettive tabelle di combinazione si impiegano i coefficienti della colonna A1 per una *Combinazione 1* e i coefficienti della colonna A2 per una *Combinazione 2*.

In tutti i casi, sia nei confronti del dimensionamento strutturale che per quello geotecnico si deve utilizzare la combinazione più gravosa fra le due precedenti.

Approccio 2

Le verifiche si conducono con un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali per le Azioni (γ_F), per la resistenza dei materiali (γ_M) e eventualmente per la resistenza globale (γ_R).

In tale approccio nelle rispettive tabelle di combinazione si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1.

Per ogni stato limite per perdita di equilibrio (SLU EQU), come definito al §2.6.1, impiegando come fattori parziali per le azioni i valori γ_F riportati nella colonna EQU della tabella 6.2.1, deve essere rispettata la condizione:

$$E_{inst,d} \leq E_{stb,d}$$

$E_{inst,d}$ valore di progetto dell'azione instabilizzante

$E_{stb,d}$ valore di progetto dell'azione stabilizzante

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (SLU STR) o del terreno (SLU GEO), come definiti al §2.6.1, impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3), deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

$$E_d = E(\gamma_F * F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$E_d = \gamma_E * E(F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$R_d = 1 / \gamma_R * R(\gamma_F * F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$F_d = \gamma_F * F_k$$

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

$$a_d$$

$$\gamma_E$$

$$\gamma_M$$

$$\gamma_R$$

valore di progetto dell'azione

valore di progetto dell'effetto dell'azione

valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

azioni di progetto

parametri geotecnici di progetto

parametri geometrici di progetto

coefficiente parziale di sicurezza sugli effetti delle azioni

coefficiente parziale di sicurezza del materiale

coefficiente parziale di sicurezza globale sulle resistenze

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 02 04			PROGR 002

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(4)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽⁴⁾ Per i carichi permanenti G_2 : si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_G .

Tabella 8 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU (NTC 2008) – Strutture geotecniche

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	γ_φ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 9 - Coefficienti parziali per le resistenze nelle verifiche SLU (NTC 2008) – Strutture geotecniche

5.2.5 Stati limite di esercizio

Come riportato al §6.2.4.3 e §5.1.4.2 del [14], la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale. Si dovrà verificare che sia:

$$C_d \geq E_d \quad (\text{Eq. 2.2.2})$$

$E_d = E(F_d ; X_d ; a_d)$ valore di progetto dell'effetto delle azioni
 $C_d = C(F_d ; X_d ; a_d)$ valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato

All'interno del progetto devono essere quindi definite le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili per l'opera e le prestazioni attese.

Il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione e di tutte le costruzioni che interagiscono con le opere geotecniche in progetto, tenendo conto della durata dei carichi applicati.

5.2.6 Stati limite ultimi e di esercizio sismici

Con riferimento al §3.2.1 delle NTC 2008, nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	24

- *Stato Limite di Operatività (SLO)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- *Stato Limite di Danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- *Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Con riferimento al §3.2.1 delle NTC 2008, per tutti gli elementi strutturali primari e secondari, gli elementi non strutturali e gli impianti si deve verificare che il valore di ciascuna domanda di progetto, definito dalla tabella 7.3.III per ciascuno degli stati limite richiesti, sia inferiore al corrispondente valore della capacità di progetto. Le verifiche degli *elementi strutturali primari (ST)* si eseguono, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU):

- nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, in termini di *rigidezza (RIG)* e di *resistenza (RES)*, senza applicare le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità;
- nel caso di comportamento strutturale dissipativo, in termini di *rigidezza (RIG)*, di *resistenza (RES)* e di *duttilità (DUT)* (quando richiesto), applicando le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità.

Le verifiche degli elementi strutturali secondari si effettuano solo in termini di duttilità, mentre le verifiche degli *elementi non strutturali (NS)* e degli *impianti (IM)* si effettuano in termini di *funzionamento (FUN)* e *stabilità (STA)*, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU).

Per le verifiche dettagliate di ogni parte strutturale si rimanda al capitolo §7 delle NTC 2018.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	25

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

^(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

^(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Tabella 10 – Schema delle verifiche da attuare per gli elementi strutturali primari in base alla tipologia, allo stato

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	26

5.3 SOFTWARE DI CALCOLO

Sono stati utilizzati i programmi di calcolo elencati nel seguito. La scrivente ha esaminato preliminarmente la documentazione a corredo dei software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. Tale documentazione, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati. Il sottoscritto, inoltre, ha verificato l'affidabilità dei codici di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

5.3.1 Analisi strutturale generica

Titolo:



Caratteristiche: Programma di calcolo strutturale agli elementi finiti che esegue il calcolo di strutture spaziali composte da elementi mono e/o bidimensionali anche con non linearità di materiale o con effetti dinamici

Autore: G + D Computing Pty Limited - Sidney NSW 2000 Australia

Distribuzione: HSH srl - Padova Italia

Versione: 2.4.6

5.3.2 Verifiche sezioni strutturali

Titolo:



Caratteristiche: Programma per la verifica di sezioni generiche

Autore: Aztec Informatica – Casole Bruzio, Cosenza

Distribuzione: Aztec Informatica S.r.l.

Versione: 10.05a

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	27

Titolo:

Sezione generica in C.A. e C.A.P.
VERIFICHE A PRESSO-FLESSIONE
Stato Limite Ultimo
Metodo n
Progetto a flessione e taglio di sezione rettangolare
Progetto pilastri in zona sismica

Il modulo Progetto Sezione Rettangolare è stato sviluppato nella tesi di laurea dell'Ing. Davide Pari (2001)

Il modulo Sismica è stato parzialmente sviluppato nella tesi di laurea degli Ingg. Alberto Antonini e Giovanni Tanghetti (2006)

by Prof. Piero Gelfi
VERSIONE 7.8 (novembre 2021)

Aggiornamento sviluppato da Ing. Paolo Bertacchini con il supporto dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Brescia.
 Supervisione Prof. Giovanni Metelli.

free distribution
vietata la vendita

Caratteristiche: Programma per la verifica di sezioni generiche
 Autore: Prof. Piero Gelfi
 Distribuzione: Distribuzione libera
 Versione: 7.8

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	28

5.4 VALIDAZIONE PROGRAMMI DI CALCOLO

5.4.1 Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Ai sensi del §10.2 delle NTC 2008 si dichiara quanto segue.

5.4.2 Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di più codici di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. Per quanto riguarda i criteri di modellazione e le caratteristiche dei programmi utilizzati si rimanda ai relativi paragrafi.

5.4.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo dei software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dai produttori dei software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. L'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo sono garantite attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

5.4.4 Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

5.4.5 Informazioni generali sull'elaborazione

I software prevedono una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

5.4.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	29

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

6.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Dalle indagini sismiche (S1VP; S11V; MASWS14V; MASW4) è possibile determinare la categoria di sottosuolo di riferimento per la definizione dell'azione sismica; per l'opera in esame si assume una categoria di sottosuolo D fino a 4+828 (MASWS14V) e una categoria di sottosuolo C da 4+828 a 4+880.821.

6.2 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI E STRATIGRAFIA DI PROGETTO

Vedi relazioni di calcolo di verifica pali.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	30

7. ANALISI DEI CARICHI

7.1 AZIONI PERMANENTI STRUTTURALI (G₁)

Nome	γ_G (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
PP (cat. G ₁)	1.00 / 1.30	-	-	-
PP (ponti stradali)	1.00 / 1.35	-	-	-

Per gli elementi in c.a. si considera un peso specifico $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$, per gli elementi in acciaio $\gamma_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$.

Le azioni permanenti strutturali comprendono il peso proprio delle travi e il peso proprio della soletta.

Per il peso proprio delle travi di lunghezza 24.30 m, si considera un valore pari a 35 kN/m.

Per il peso proprio della soletta, si considera una distribuzione tra le travi secondo la loro posizione trasversale e lunghezza dell'impalcato 25 m. Per valutare gli scarichi agli appoggi delle singole campate, si fa riferimento al modello locale usato per l'analisi trasversale della soletta, vedi relazione di calcolo dell'impalcato in c.a.p. di luce L=25 m, di cui in seguito si riporta un riepilogo degli scarichi e le reazioni totali sui singoli appoggi.

Nome	R ₁ [kN/m]	R ₂ [kN/m]	R ₃ [kN/m]	R ₄ [kN/m]
PP travi	35	35	35	35
PP soletta	52	4	4	52

Reazioni totali appoggio	R ₁ [kN]	R ₂ [kN]	R ₃ [kN]	R ₄ [kN]
PP (cat. G ₁)	1075	475	475	1075

7.2 AZIONI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G₂)

Nome	γ_G (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
PP (ponti ferroviari)	1.00 / 1.50	-	-	-

Per le valutazioni sul calcolo degli scarichi agli appoggi delle singole campate si fa riferimento all'analisi dei carichi impalcato, che sono ricavate del modello locale usato per l'analisi della soletta, riportate sulla relazione di calcolo dell'impalcato in c.a.p. di luce L=25 m.

Si considera una distribuzione tra le travi secondo la loro posizione trasversale e lunghezza dell'impalcato 25 m. Per valutare gli scarichi agli appoggi delle singole campate, si fa riferimento al modello locale usato per l'analisi trasversale della soletta, vedi relazione di calcolo dell'impalcato in c.a.p. di luce L=25 m, di cui in seguito si riporta un riepilogo degli scarichi e le reazioni totali sui singoli appoggi.

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	31

7.2.1 Ballast (G_{2,1})

Nome	R ₁ [kN/m]	R ₂ [kN/m]	R ₃ [kN/m]	R ₄ [kN/m]
Ballast	26	40	40	26

Azione totali	R ₁ [kN]	R ₂ [kN]	R ₃ [kN]	R ₄ [kN]
PP (cat. G _{2,1})	325	500	500	325

Inoltre, sopra il profilo di monte della spalla si applicano le pressioni verticali derivanti dal peso del cassonetto di ballast, di larghezza circa 9.00 m, spessore 0.80 m e peso specifico 20 kN/m³.

Si valuta come carico permanente associato una pressione uniforme mediata sulla larghezza della spalla di 13.50 m, come di seguito esposto:

$$G_2 = (0.80 \cdot 20 \cdot 8.2) / (13.50) = 9.72 \text{ kPa}$$

Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sull'altezza libera fuori terra della spalla e di larghezza pari alle elevazioni spalle.

7.2.2 Velette (G_{2,2})

Nome	R ₁ [kN/m]	R ₂ [kN/m]	R ₃ [kN/m]	R ₄ [kN/m]
Velette	18	-11	-11	18

Azione totali	R ₁ [kN]	R ₂ [kN]	R ₃ [kN]	R ₄ [kN]
PP (cat. G _{2,1})	225	-138	-138	225

7.2.3 Arredi (G_{2,3})

Nome	R ₁ [kN/m]	R ₂ [kN/m]	R ₃ [kN/m]	R ₄ [kN/m]
Arredi	34	-18	-18	34

Azione totali	R ₁ [kN]	R ₂ [kN]	R ₃ [kN]	R ₄ [kN]
PP (cat. G _{2,1})	425	-225	-225	425

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	32

7.2.4 Barriere antirumore (G_{2,4})

Nome	R ₁ [kN/m]	R ₂ [kN/m]	R ₃ [kN/m]	R ₄ [kN/m]
Barriere	46	-26	-26	46

Azione totali	R ₁ [kN]	R ₂ [kN]	R ₃ [kN]	R ₄ [kN]
PP (cat. G _{2,1})	575	-325	-325	575

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	33

7.3 RITIRO DEL CALCESTRUZZO (E₂)

Nome	Tipo	γ_{e2} (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
RITIRO (ponti ferroviari)	Ritiro, viscosità, cedimenti imposti	EQU 0.00 / 1.20 (A1) 0.00 / 1.20 (A2) 0.00 / 1.00	-	-	-

Dato che il ritiro dipende dal tempo di maturazione del calcestruzzo, dalla resistenza e dalle condizioni ambientali, gli effetti possono evidenziarsi sia in fase di costruzione sulla sezione mista composta da due materiali di diverso modulo elastico (ritiro primario) sia a lungo termine sulla statica globale dell'impalcato (ritiro secondario).

Nel primo caso l'accorciamento primario della soletta determina l'insorgenza di tensioni di scorrimento all'interfaccia soletta-trave e uno stato di pressoflessione della sezione mista.

Nel secondo caso l'accorciamento secondario della soletta determina l'insorgenza di reazioni iperstatiche sulla statica globale dell'impalcato.

Nel caso in cui l'impalcato presenti uno schema isostatico, il ritiro secondario viene interamente assorbito dalle sezioni resistenti longitudinali con l'insorgenza di sole deformazioni cinematiche e nessuna tensione aggiuntiva, pertanto tale azione non viene trattata direttamente per il calcolo delle sottostrutture in oggetto.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	34

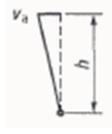
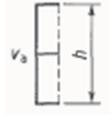
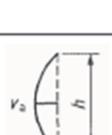
7.4 SPINTA DEL TERRENO (G₃)

I valori delle spinte vengono computate automaticamente dai software secondo le metodologie seguenti, per ulteriori approfondimenti si rimanda direttamente al manuale d'uso.

Nome	Tipo	γ_{G1} (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
TERRENO, FALDA	Permanente	EQU 0.90 / 1.10 (A1) 1.00 / 1.30 (A2) 1.00 / 1.00	-	-	-

Le condizioni di spinta sono assunte in base agli spostamenti delle pareti, ovvero del grado di mobilitazione necessario per innescare il regime di spinta, vedi a riguardo le indicazioni contenute nell'EC7.

Table C.1 — Ratios v_s/h

Kind of wall movement	v_s/h loose soil %	v_s/h dense soil %
a) 	0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b) 	0,2	0,05 to 0,1
c) 	0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d) 	0,4 to 0,5	0,1 to 0,2

where:
 v_s is the wall motion to mobilise active earth pressure
 h is the height of the wall

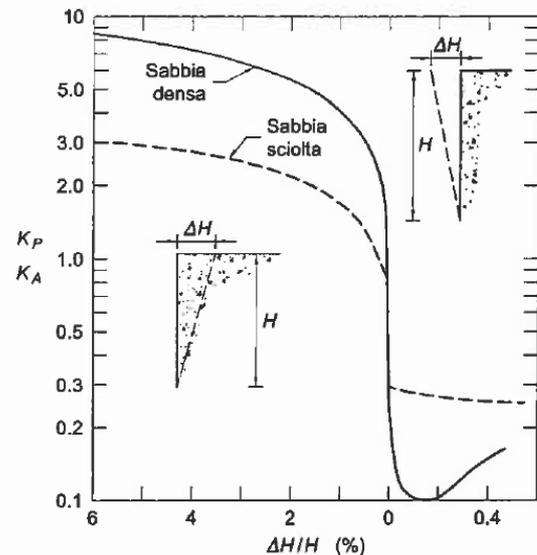


Figura 5 - Spostamenti relativi muro-terreno necessari per il raggiungimento di un regime di spinta attiva secondo EC7 Annex C e Lancellotta (1999)

7.4.1 Spinta a riposo

La spinta statica totale sulla parete S_{0h} si calcola secondo le seguenti relazioni:

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	35

$$S_{0h} = \int_0^H \sigma_h(z) dz$$

spinta a riposo statica totale sul muro

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) \cdot k_0$$

pressione orizzontale di spinta del terreno

Per piano campagna orizzontale si fa riferimento alla seguente correlazione (Jaky, 1944 e Schmidt, 1966):

$$k_0 = 1 - \sin(\varphi') \cdot OCR^\alpha$$

$$OCR = 1$$

grado di sovraconsolidazione

$$\alpha = 0.5$$

Per pendio inclinato (β) si può considerare che la spinta a riposo sia parallela al p.c. e che il coefficiente k_0 valga:

$$k_0 = (1 - \sin(\varphi') \cdot OCR^\alpha) \cdot (1 + \sin \beta)$$

$$\beta = 0$$

angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

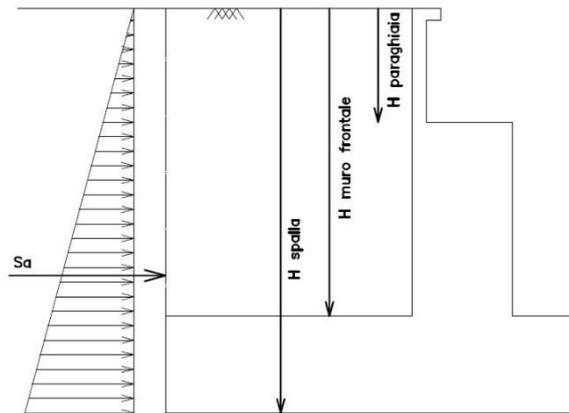


Figura 6: Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

7.4.2 Spinta attiva

Il coefficiente di spinta attiva (K_a) viene valutato ricorrendo alla correlazione generale di Mueller-Breslau basata sulla teoria di Coulomb e riferita a superfici di rottura piane. In questo caso l'approssimazione (rispetto a quanto si sarebbe ottenuto considerando superfici di rottura di geometria complessa) risulta molto contenuta e a favore di sicurezza.

La spinta attiva statica totale sulla parete S_{ah} si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{ah} = \int_0^H \sigma_h(z) dz$$

spinta attiva statica totale sul muro

$$K_a = \frac{\text{ser}^2(\psi + \varphi)}{\text{ser}^2\psi \cdot \text{ser}(\psi - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{ser}(\varphi + \delta) \cdot \text{ser}(\varphi - \beta)}{\text{ser}(\psi - \delta) \cdot \text{ser}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

coefficiente di spinta attiva

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

pressione orizzontale di spinta del terreno

$$\sigma_v(z)$$

pressione verticale del terreno

$$H$$

altezza della parete di spinta

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	36

φ	angolo attrito del terreno
$\delta = 0$	attrito tra terreno e parete
$\psi = 90^\circ$	angolo tra parete di spinta e piano orizzontale
β	angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale
c	coesione del terreno

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni, viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento:

$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$	peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori)
γ_{sat}	peso di volume dell'acqua
γ_w	peso di volume dell'acqua
$S_{ah} = \int_0^H \sigma'_h(z) dz + E_{ws} + E_{wd}$	spinta attiva statica totale efficace sul muro
$\sigma'_h(z) = \sigma'_v(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$	pressione orizzontale di spinta efficace del terreno
$\sigma'_v(z)$	pressione verticale efficace del terreno
E_{ws}	spinta idrostatica
E_{wd}	spinta idrodinamica

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	37

7.5 AZIONI VARIABILI VERTICALI (Q)

7.5.1 Azioni da traffico ferroviario (Q₁)

Nome	Tipo	Y _Q (Fav / Sfav)		ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
AZIONI VERTICALI	Variabili	EQU 0.00 / 1.45	Singole	0.80	0.50	0.00
	da traffico	(A1) 0.00 / 1.45	gr.1	0.80	0.80	0.00
	ferroviario	(A2) 0.00 / 1.25	gr.2	-	-	-
			gr.3	0.80	0.80	0.00
			gr.4	1.00	1.00	0.00

Si considerano i sovraccarichi ferroviari in accordo al §5.2.2.3 delle NTC2008, per mezzo di diversi modelli di carico rappresentativi delle tipologie di traffico ferroviario, normale o pesante. I valori dei suddetti carichi saranno poi moltiplicati per un coefficiente di adattamento α , variabile in ragione della tipologia dell'infrastruttura (ferrovie ordinarie, ferrovie leggere, metropolitane, ecc.).

Per i requisiti S.T.I. imposti sulla tratta ferroviaria in progetto, per le categorie di traffico passeggeri P2/P4 il coefficiente $\alpha = 1.0$ e per le categorie merci F1 il coefficiente $\alpha = 1.0$.

Nei dimensionamenti per le opere in oggetto, rimanendo a favore di sicurezza, si considerano i coefficienti imposti dalle NTC2008, superiori o uguali a quelli S.T.I., come descritto nei paragrafi successivi per i singoli modelli di carico.

Tabella 11

Fattore alfa (α) per la progettazione di strutture nuove

Tipo di traffico	Valore minimo del fattore alfa (α)
P1, P2, P3, P4	1,0
P5	0,91
P6	0,83
P1520	Punto in sospeso
P1600	1,1
F1, F2, F3	1,0
F4	0,91
F1520	Punto in sospeso
F1600	1,1

Figura 7 – Specifiche Tecniche di Interoperabilità (S.T.I.) - Requisiti carichi da traffico ferroviario

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 02 04			PROGR 002

7.5.1.1 Modello di carico LM71

Il treno LM71 è schematizzato da n°4 assi da 250 kN su una lunghezza di 6.40 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per una lunghezza illimitata.

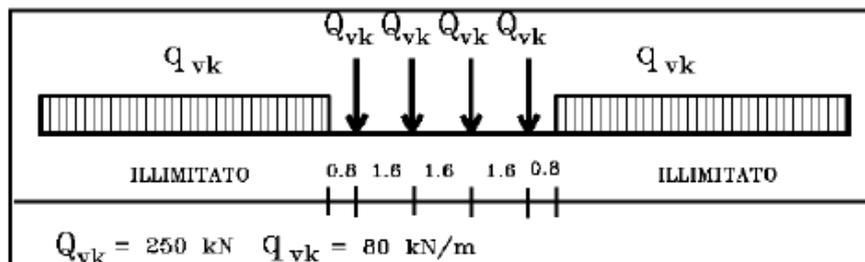


Fig. 5.2.1 - Modello di carico LM71

Figura 8 – Schema treno di carico LM71

Per questo modello è prevista una eccentricità del carico rispetto all'asse del binario, dipendente dallo scartamento s per tenere conto dello spostamento dei carichi. Per $s=1435$ mm risulta pari a $s/18=80$ mm. Per la progettazione di ferrovie ordinarie il valore del coefficiente di adattamento è $\alpha=1.1$.

7.5.1.2 Modello di carico SW

Per tale modello di carico, sono considerate due distinte configurazioni, il modello di carico SW/0 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale per travi continue (utilizzato solo per travi continue qualora più sfavorevole dell'LM71), il modello di carico SW/2 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.

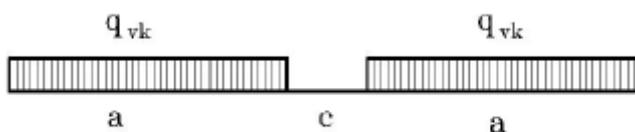


Fig. 5.2.2 -Modelli di carico SW

Tab. 5.2.I - Caratteristiche Modelli di Carico SW

Tipo di Carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Figura 9 – Schema treno di carico SW

Il valore del coefficiente di adattamento da adottarsi nella progettazione delle ferrovie ordinarie è pari, rispettivamente, a $\alpha=1.1$ per il modello di carico SW/0 ed a $\alpha=1.0$ per il modello di carico SW/2.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	39

7.5.1.3 Effetti dinamici

Le azioni statiche dei modelli di carico devono essere incrementate per tenere conto della natura dinamica del transito dei convogli, gli effetti di amplificazione dinamica dovranno valutarsi:

- per le usuali tipologie di ponti e per velocità di percorrenza non superiore a 200 km/h, quando la frequenza propria della struttura ricade all'interno del fuso indicato nella figura seguente è sufficiente utilizzare i coefficienti dinamici Φ definiti in §5.2.2.2.3 D.M. 14/01/2008. Come riportato in § 2.5.1.4.2.5.2 del MdP, si adotta il coefficiente dinamico $\Phi_3=1.00$ poiché si sta studiando il comportamento di una spalla;
- per le usuali tipologie di ponti, ove la velocità di percorrenza sia superiore a 200 km/h e quando la frequenza propria della struttura non ricade all'interno del fuso indicato nella figura seguente, e comunque per le tipologie non convenzionali (ponti strallati, ponti sospesi, ponti di grande luce, ponti metallici difforni dalle tipologie in uso in ambito ferroviario, ecc.) dovrà effettuarsi una analisi dinamica adottando convogli "reali" e parametri di controllo specifici dell'infrastruttura e del tipo di traffico ivi previsto, per ulteriori dettagli fare riferimento alle valutazioni contenute nella relazione di calcolo degli impalcati presenti sulla sottostruttura in oggetto.

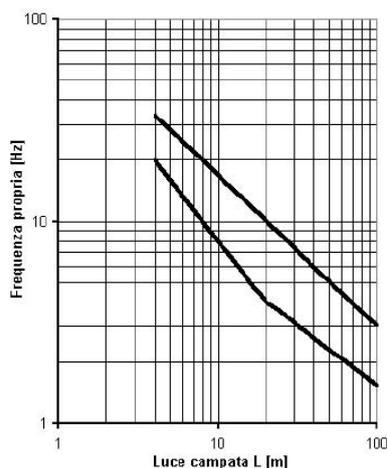
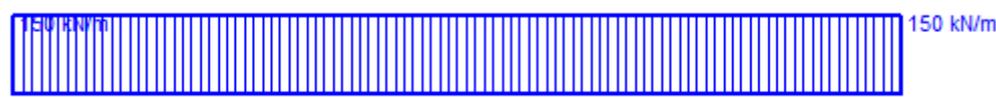


Fig. 5.2.7 - Limiti delle frequenze proprie n_o in Hz in funzione della luce della campata

Figura 10 – Limiti frequenze proprie per il calcolo del coefficiente dinamico Φ

7.5.1.4 Calcolo per campata L=25 m

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dalle azioni da traffico, nelle varie combinazioni di carico accidentale ferroviario associate, vengono valutati nella condizione di massimo taglio all'appoggio mediante dei carichi equivalenti taglianti, come di seguiti riportato.



MANDATARIA 	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 02 04			Progr 002	Rev B

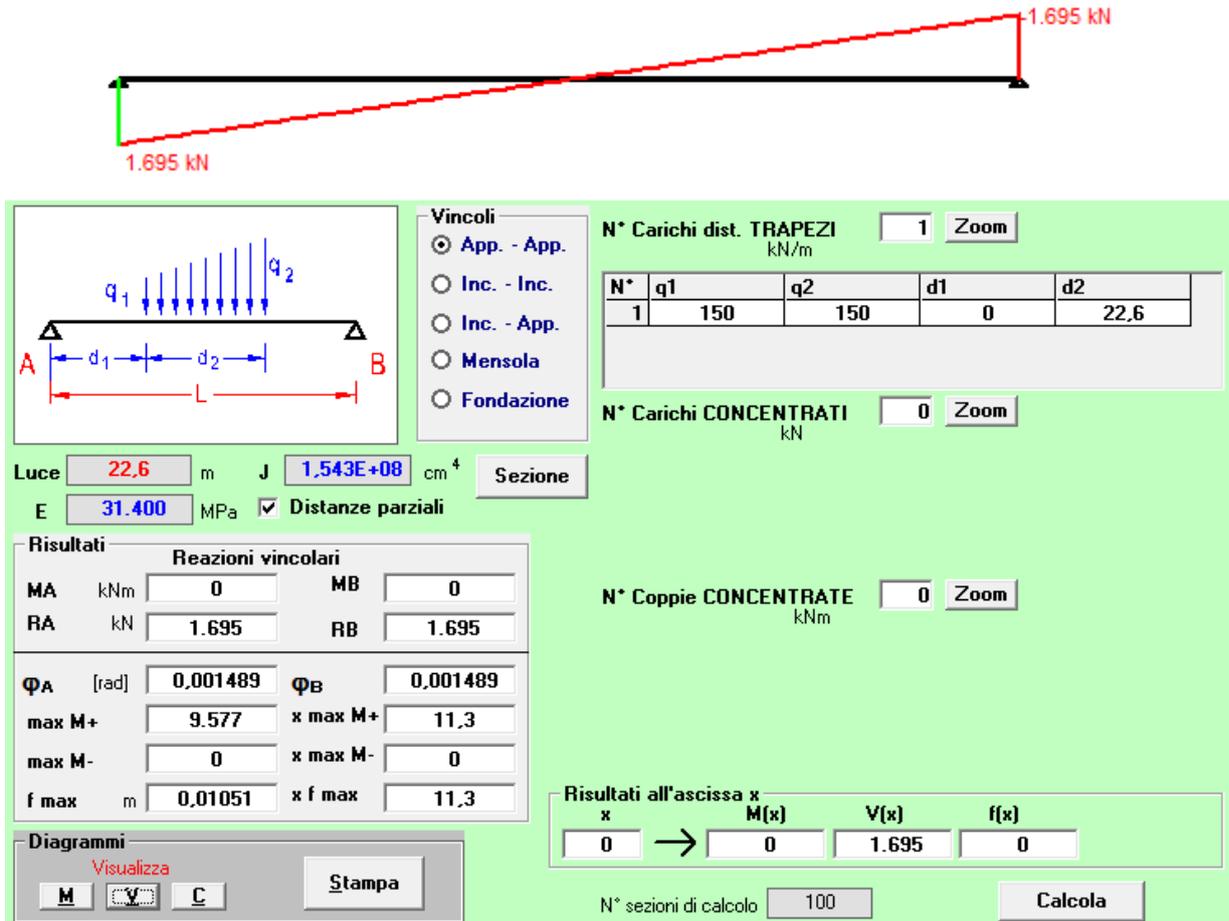


Figura 11 – Condizione di massimo taglio all'appoggio – Modello di carico SW/2

$$V_{\max} = 1695 \text{ kN}$$

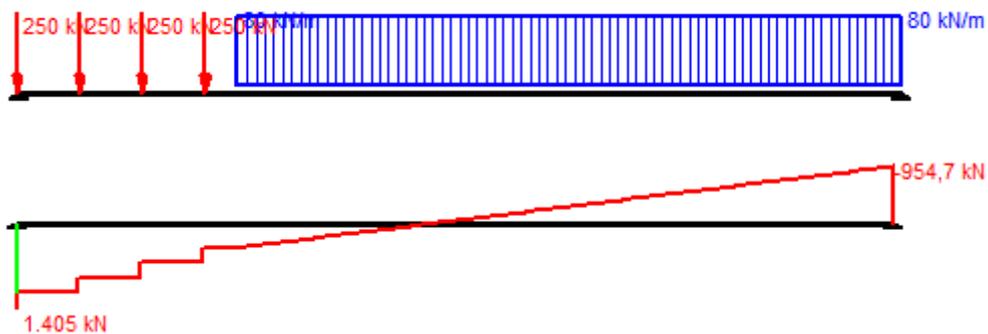
$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 1695 / (22.60/2) = 150.0 \text{ kN}$$

$$Q_1 = \Phi_3 \cdot \alpha \cdot q'_v \cdot L/2 = 1.00 \cdot 1.00 \cdot 150.0 \cdot 22.60/2 = 1695.0 \text{ kN}$$

(Q1_SW/2 B1)

Carico equivalente tagliante

Azione verticale applicata con e=+2.00 m



MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	41

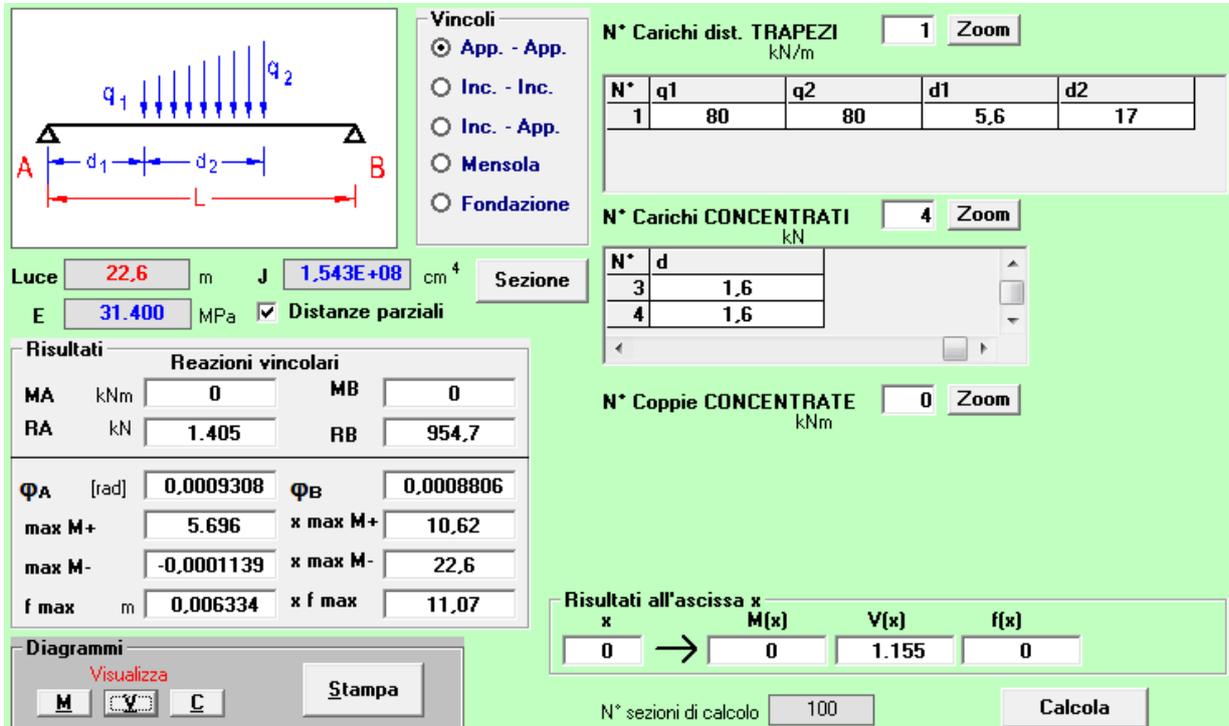


Figura 12 – Condizione di massimo taglio all'appoggio – Modello di carico LM71

$$V_{\max} = 1405 \text{ kN}$$

$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 1405 / (22.60/2) = 124.3 \text{ kN}$$

$$Q_1 = \Phi_3 \cdot \alpha \cdot q'_v \cdot L/2 = 1.00 \cdot 1.10 \cdot 124.3 \cdot 22.60/2 = 1545.1 \text{ kN}$$

(Q1_LM71 B1)
Carico equivalente tagliante
Azione verticale applicata con e=+2.08 m

$$V_{\max} = 1405 \text{ kN}$$

$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 1405 / (22.60/2) = 124.3 \text{ kN}$$

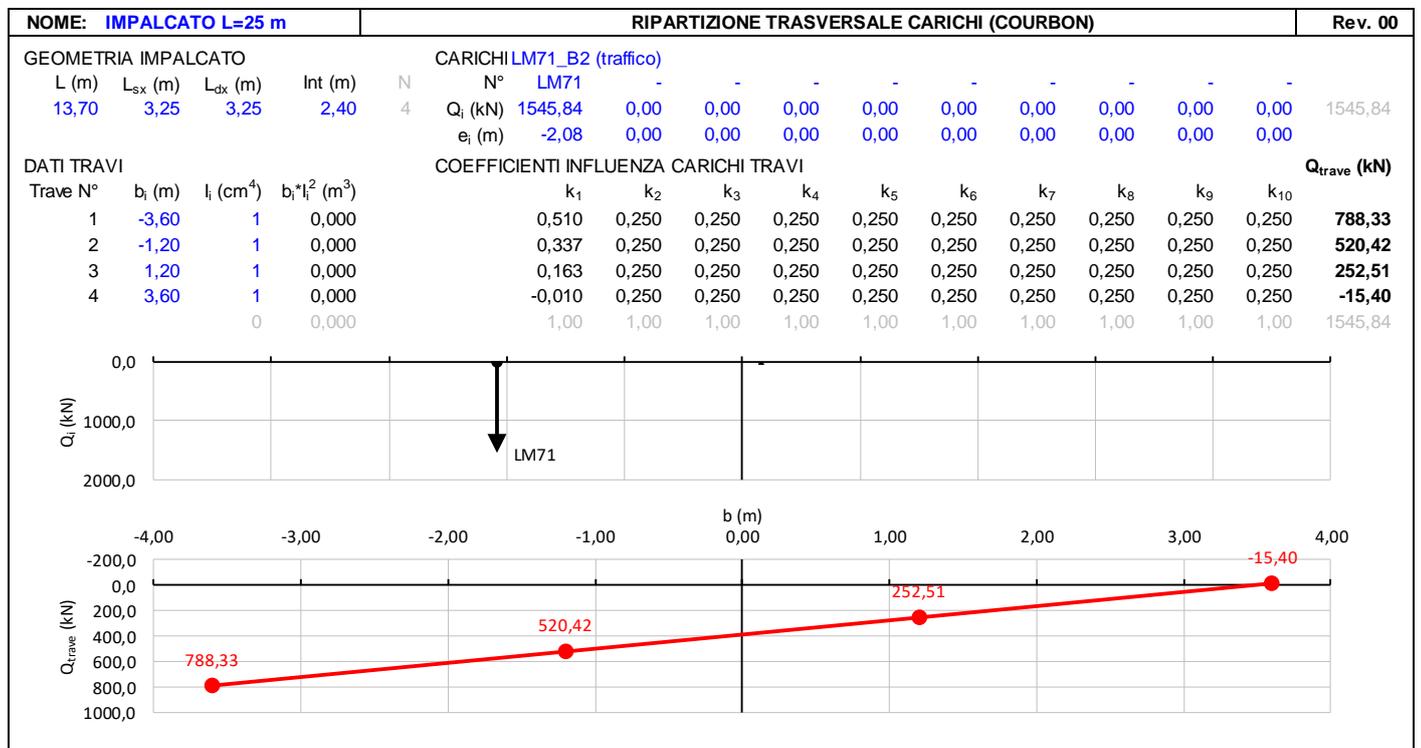
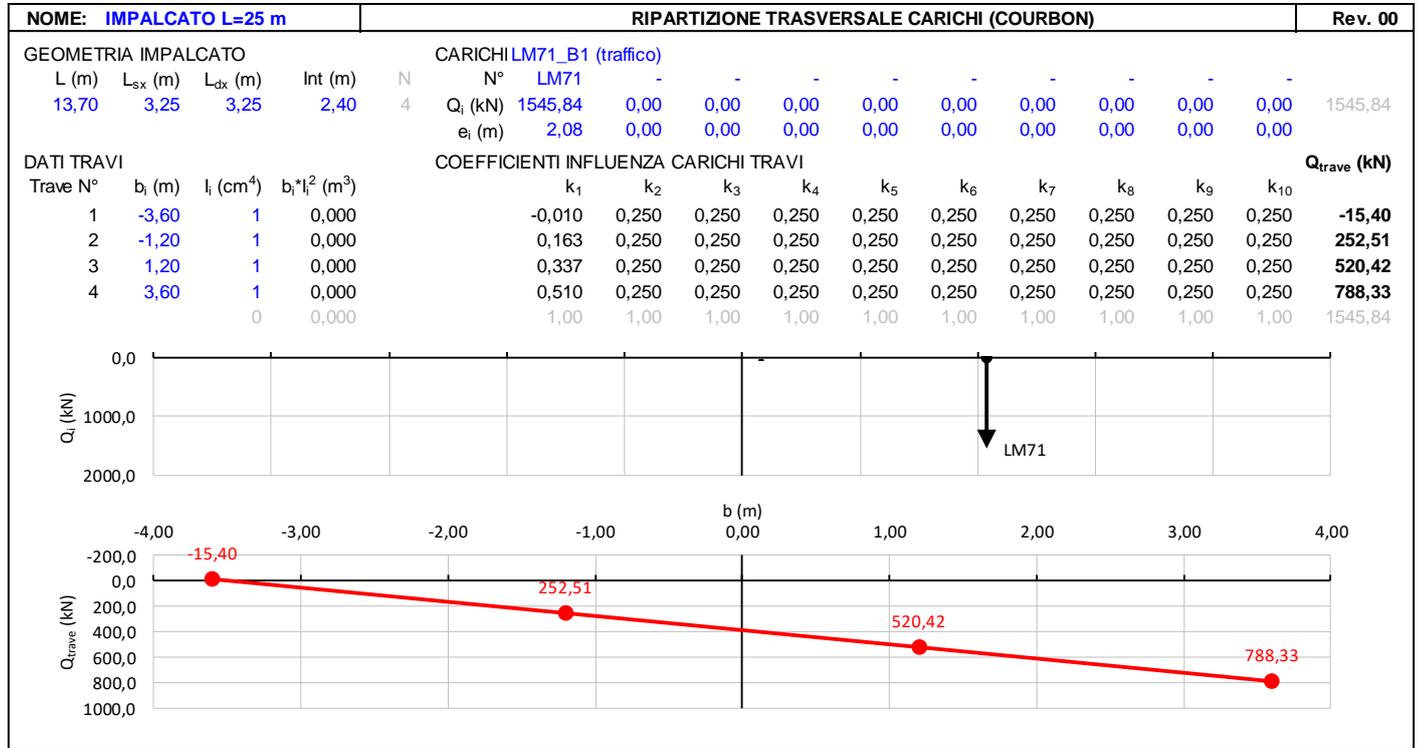
$$Q_1 = \Phi_3 \cdot \alpha \cdot q'_v \cdot L/2 = 1.00 \cdot 1.10 \cdot 124.3 \cdot 22.60/2 = 1545.1 \text{ kN}$$

(Q1_LM71 B2)
Carico equivalente tagliante
Azione verticale applicata con e=-2.08 m

Le precedenti azioni vengono rigidamente distribuite alla Courbon calcolando in prossimità degli appoggi trave le reazioni verticali di equilibrio.

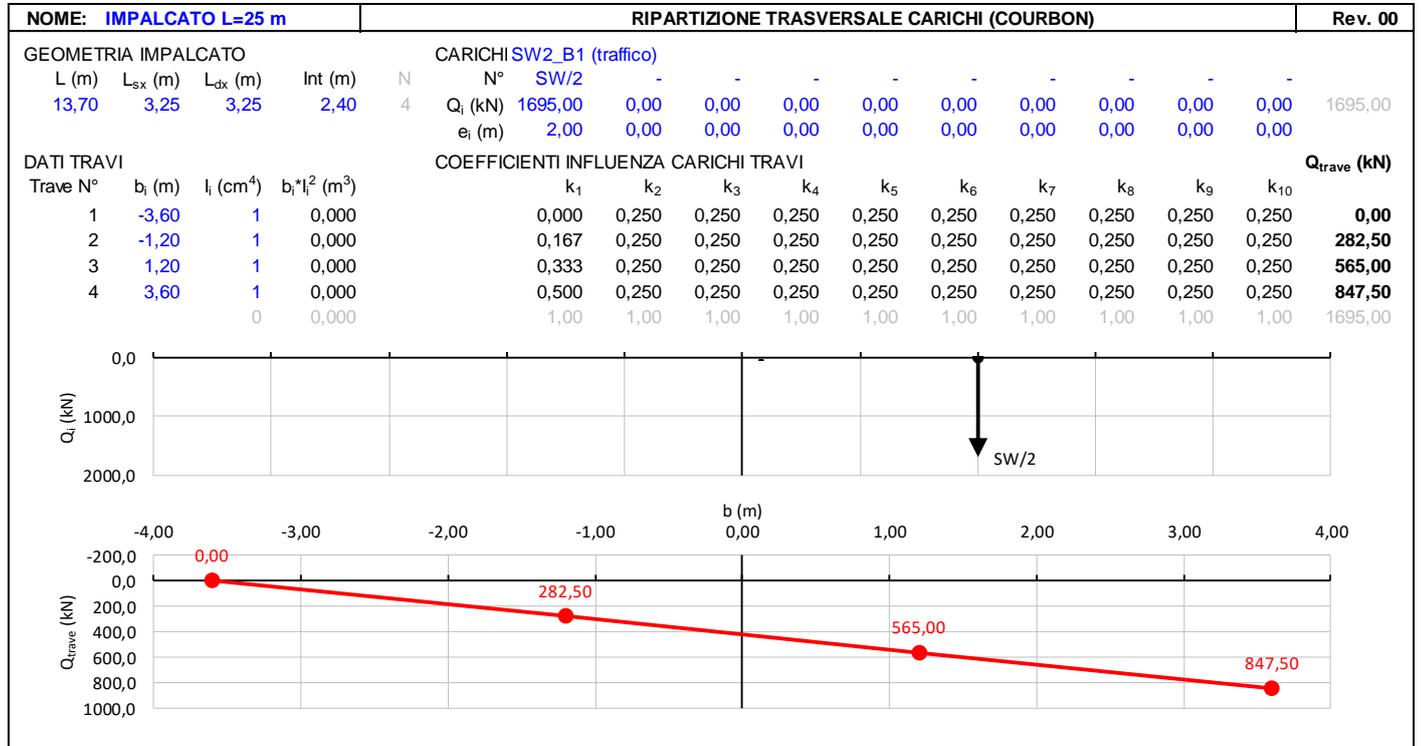
**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	42



**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	43



7.5.1.5 Decentramento dei carichi in tracciato curvilineo

Ai fini del calcolo delle sottostrutture, per un tracciato di lunghezza L=25 m, raggio massimo ipotetico di R=2400 m, si ha un decentramento del carico pari a circa $e=R-\sqrt{(R^2-L^2/4)}=0,032$ m; pertanto, si ritiene tale effetto trascurabile in relazione alle dimensioni geometriche della sezione di appoggio.

7.5.1.6 Carichi sui marciapiedi

In accordo al punto 5.2.2.3.2, il carico non deve considerarsi contemporaneo al transito dei convogli ferroviari e viene quindi utilizzato solo per le verifiche locali della soletta di impalcato.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	44

7.5.1.7 Numero di treni contemporanei

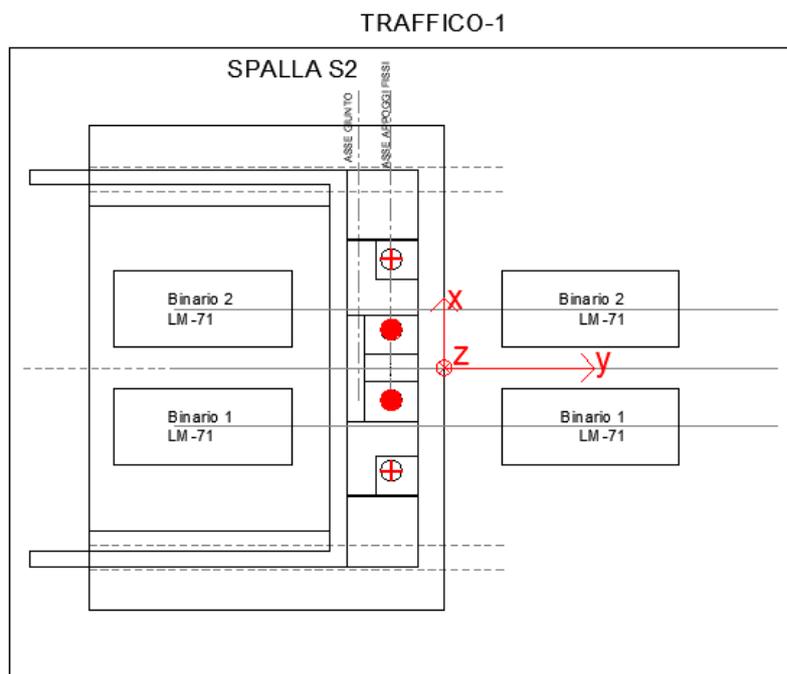
Nella progettazione andrà considerata l'eventuale contemporaneità di più treni, in genere sia per traffico normale (LM71) sia per traffico pesante (SW/2). Le azioni da traffico considerano una configurazione in campata, davanti alla spalla, in cui si massimizza il taglio all'appoggio.

Dietro la spalla si è considerato un sovraccarico da traffico generato dalla presenza del treno di carico LM71 su entrambi i binari dietro la spalla, che si considera in contemporaneo alla presenza dei treni di carico in campata.

Le condizioni da traffico in campata valutate per le spalle sono descritte in seguito:

- Traffico-1: Due treni di carico in contemporaneo: LM71 sul binario 1 "+" LM71 sul binario 2.
- Traffico-2: Due treni di carico in contemporaneo: SW2 sul binario 1 "+" LM71 sul binario 2
- Traffico-3: Un treno di carico: SW2 sul binario 1.

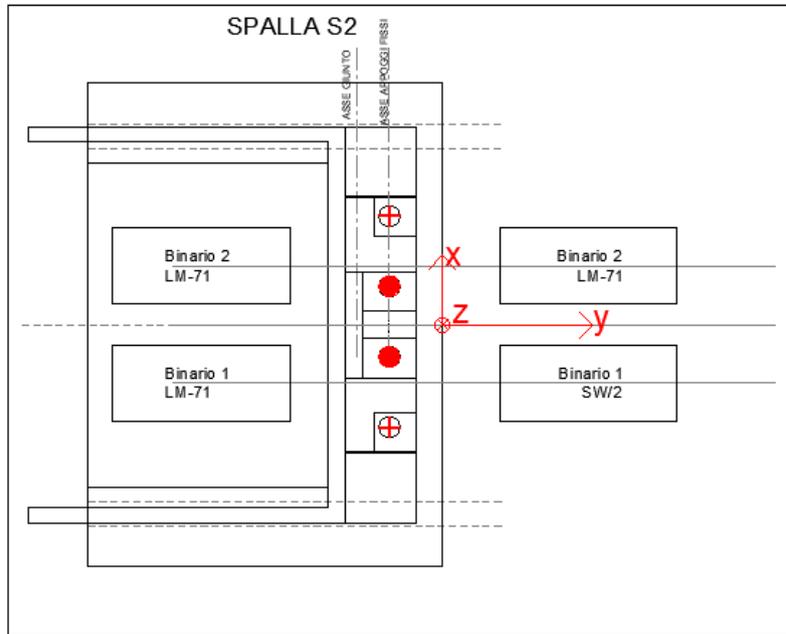
Nella figura successiva vengono riportati gli schemi considerati:



**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	45

TRAFFICO-2



TRAFFICO-3

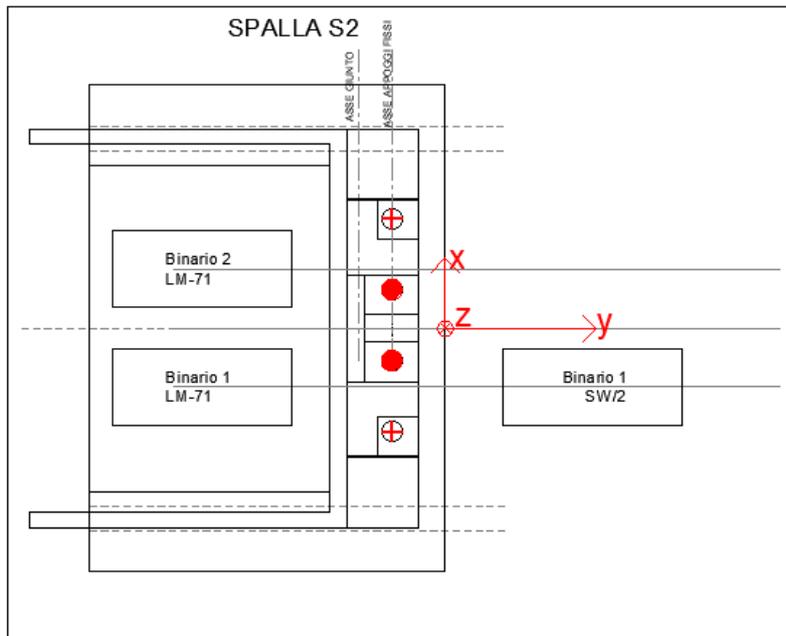


Figura 13 – Schemi di contemporaneità dei treni sui binari

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	46

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

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

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

⁽²⁾ Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Figura 14 – Carichi mobili da considerare nel caso di strutture a più binari

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 02 04			PROGR 002

7.6 AZIONI ECCEZIONALI (A)

7.6.1 Deragliamento al di sopra del ponte

In accordo col §2.5.1.5 del Manuale di progettazione delle opere civili, parte II – sezione 2 – ponti e strutture, che riprende il contenuto del §5.2.2.9.2 delle NTC08, oltre a considerare i modelli di carico verticale da traffico ferroviario, ai fini della verifica della struttura si dovrà tenere conto della possibilità alternativa che un locomotore o un carro pesante deragli, esaminando separatamente le due seguenti situazioni di progetto.

7.6.1.1 Impalcato in c.a.p. di luce $L=25\text{ m}$

7.6.1.1.1 Caso 1

Si considerano due carichi verticali lineari $q_{A1d} = 60\text{ kN/m}$ (comprensivo dell'effetto dinamico) ciascuno. Tali carichi saranno 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. Per questa condizione sono tollerati danni locali, purché possano essere facilmente riparati, mentre sono da evitare danneggiamenti delle strutture portanti principali.

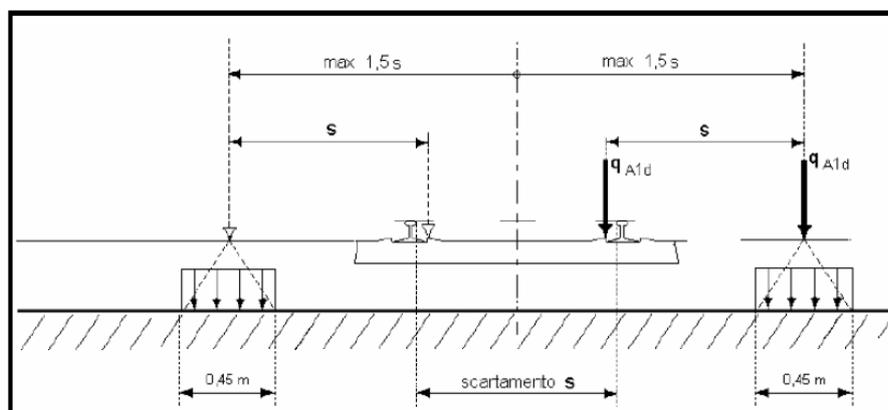
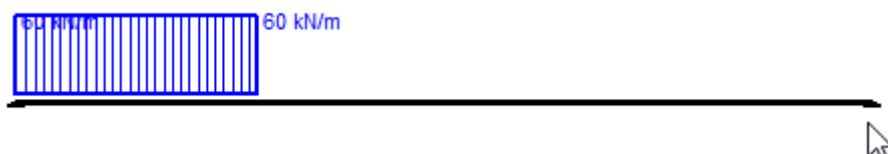


Figura 5.2.12 - Caso 1

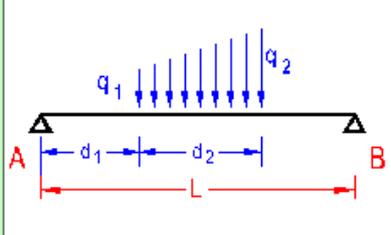
Figura 15 – Azione eccezionale da traffico ferroviario – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 1

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dalle azioni da traffico vengono valutati nella condizione di massimo taglio all'appoggio mediante dei carichi equivalenti taglianti, come di seguiti riportato.



MANDATARIA 	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 02 04			PROGR 002	REV B





Vincoli

 App. - App.
 Inc. - Inc.
 Inc. - App.
 Mensola
 Fondazione

N° Carichi dist. TRAPEZI

N°	q1	q2	d1	d2
1	60	60	0	6.4

Luce m J cm⁴ Sezione

E MPa Distanze parziali

Risultati

Reazioni vincolari				
MA	kNm	<input type="text" value="0"/>	MB	<input type="text" value="0"/>
RA	kN	<input type="text" value="329.6"/>	RB	<input type="text" value="54.37"/>

ΦA	[rad]	<input type="text" value="0.0001408"/>	ΦB	<input type="text" value="9.170E-05"/>
max M+		<input type="text" value="905.3"/>	x max M+	<input type="text" value="5.424"/>
max M-		<input type="text" value="0"/>	x max M-	<input type="text" value="0"/>
f max	m	<input type="text" value="0.0007813"/>	x f max	<input type="text" value="9.718"/>

N° Carichi CONCENTRATI

N° Coppie CONCENTRATE

Risultati all'ascissa x

x	M(x)	V(x)	f(x)
0	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="329.6"/>	<input type="text" value="0"/>

N° sezioni di calcolo

Diagrammi

Visualizza

Figura 16 – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 1

$$V_{\max} = 329.6 \text{ kN}$$

$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 330 / (22.60/2) = 29.2 \text{ kN/m}$$

$$Q_1 = q'_v * L/2 = 29.2 * 22.60/2 = 329.60 \text{ kN}$$

$$Q_1 = q'_v * L/2 = 29.2 * 22.60/2 = 329.60 \text{ kN}$$

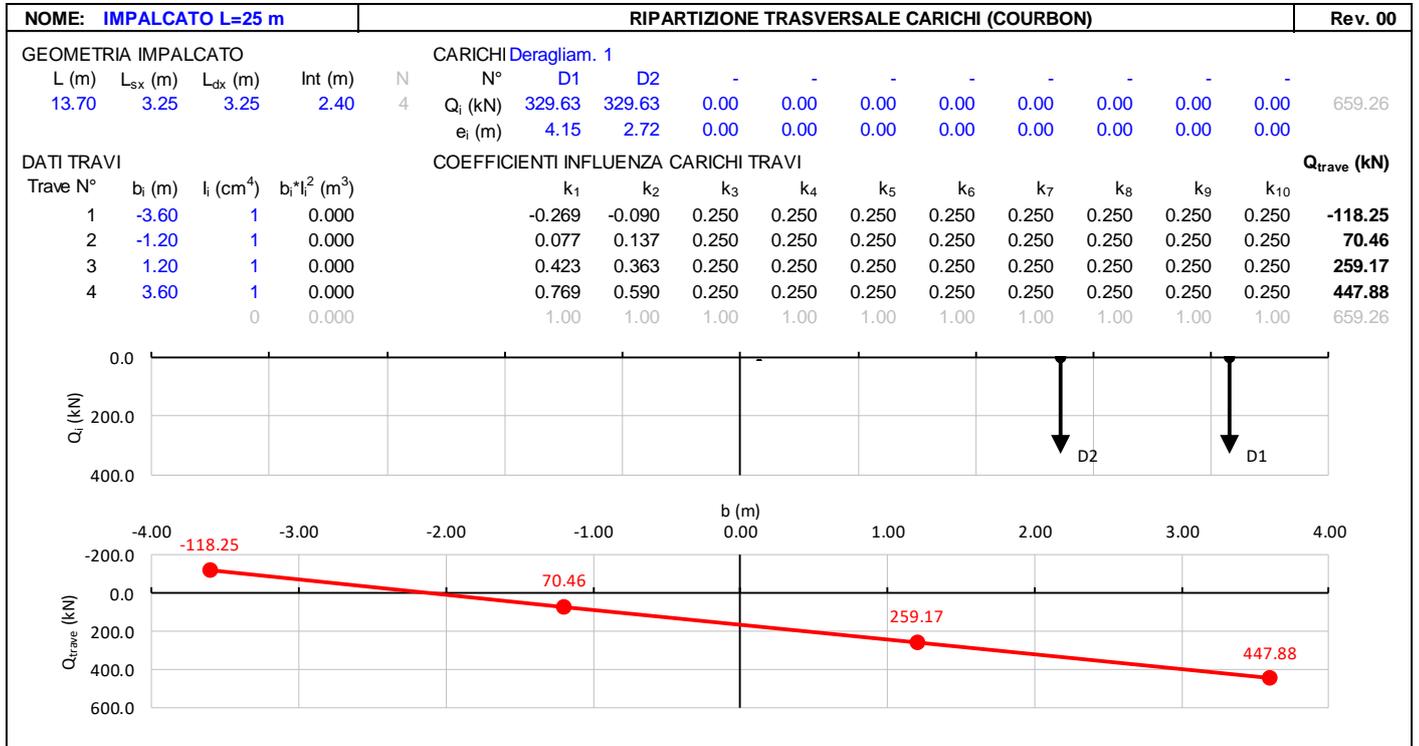
Carico equivalente tagliante

$$\text{Azione verticale applicata } e = +2.00 + 1.435 * 1.5 = 4.15 \text{ m}$$

$$\text{Azione verticale applicata } e = +2.00 + 1.435 * 0.5 = 2.72 \text{ m}$$

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	49



7.6.1.1.2 Caso 2

Si considera un unico carico lineare $q_{A2d} = 80 \text{ kN/m} \times 1.4$ esteso per 20,00 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di 1,50 s rispetto all'asse del binario (Fig. 5.2.13). Per questa condizione convenzionale di carico andrà verificata la stabilità globale dell'opera, come il ribaltamento d'impalcato, il collasso della soletta, ecc. Per impalcati metallici con armamento diretto, il caso 2 dovrà essere considerato solo per le verifiche globali.

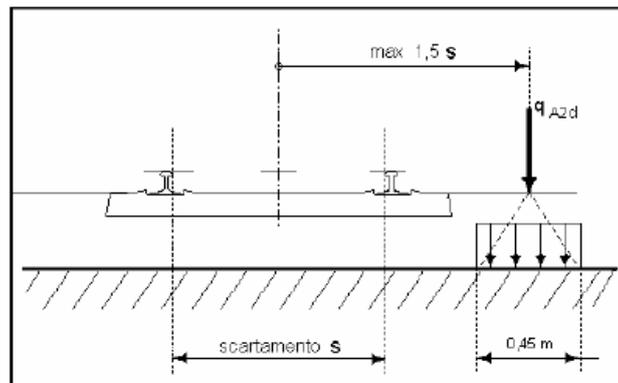
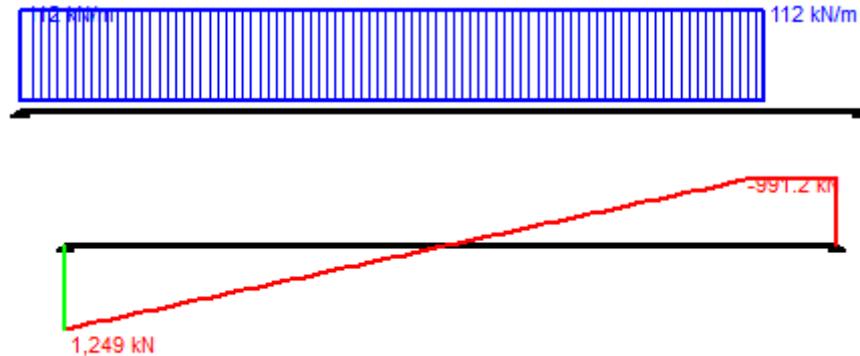


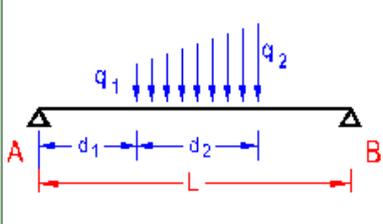
Figura 5.2.13 - Caso 2

Figura 17 – Azione eccezionale da traffico ferroviario – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 2

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dalle azioni da traffico vengono valutati nella condizione di massimo taglio all'appoggio mediante dei carichi equivalenti taglianti, come di seguiti riportato.

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 02 04			PROGR 002	REV B





Vincoli

App. - App.

Inc. - Inc.

Inc. - App.

Mensola

Fondazione

N° Carichi dist. TRAPEZI **Zoom**

N°	q1	q2	d1	d2
1	112	112	0	20

N° Carichi CONCENTRATI **Zoom**

N° Coppie CONCENTRATE **Zoom**

Luce m J cm⁴ Sezione

E MPa Distanze parziali

Risultati

Reazioni vincolari				
MA	kNm	<input type="text" value="0"/>	MB	<input type="text" value="0"/>
RA	kN	<input type="text" value="1,249"/>	RB	<input type="text" value="991.2"/>

ΦA	[rad]	<input type="text" value="0.001083"/>	ΦB	<input type="text" value="0.001060"/>
max M+		<input type="text" value="6,962"/>	x max M+	<input type="text" value="11.07"/>
max M-		<input type="text" value="-0.001411"/>	x max M-	<input type="text" value="22.6"/>
f max	m	<input type="text" value="0.007603"/>	x f max	<input type="text" value="11.3"/>

Diagrammi

Risultati all'ascissa x

x	M(x)	V(x)	f(x)
0	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1,249"/>	<input type="text" value="0"/>

N° sezioni di calcolo

Figura 18 – Condizione di massimo taglio all'appoggio – Modello di carico SW/2

$$V_{\max} = 1248.8 \text{ kN}$$

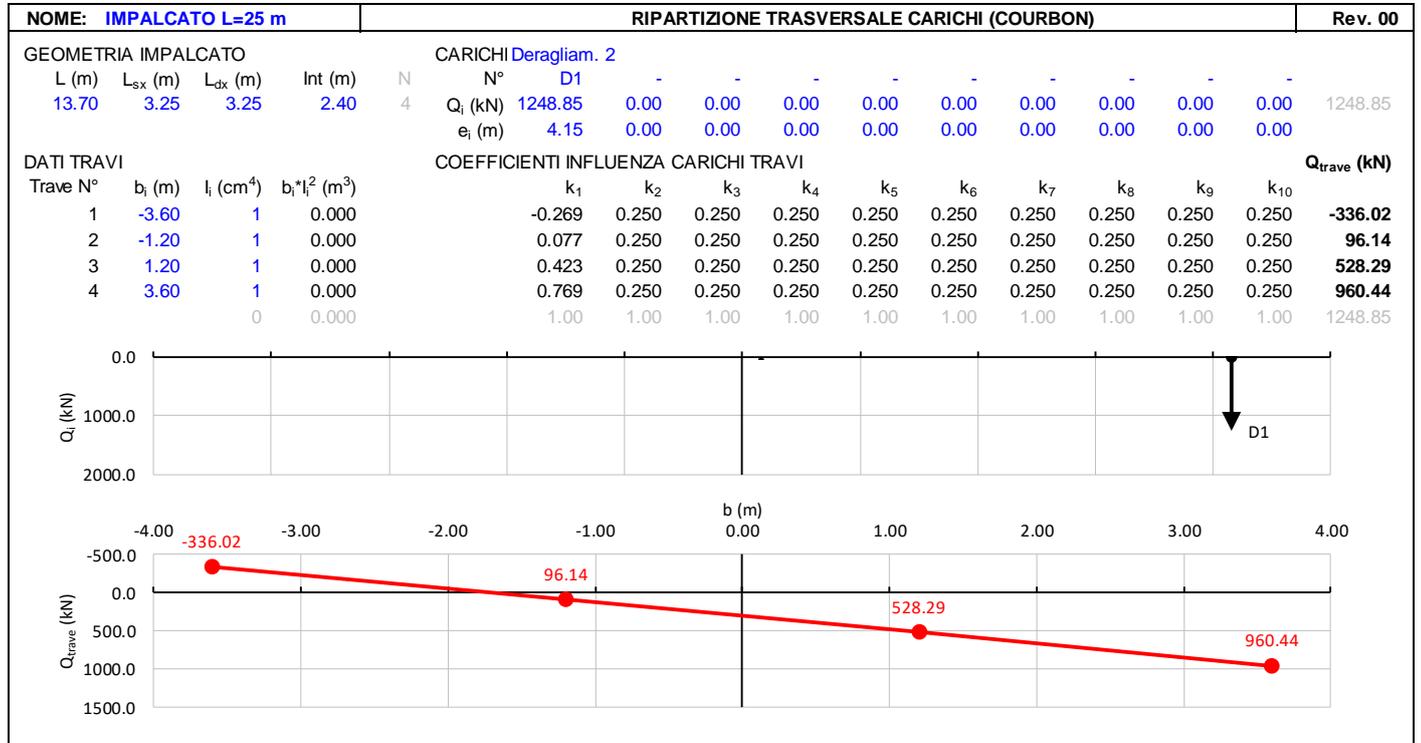
$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 1248.8 / (22.60/2) = 110.5 \text{ kN/m} \quad \text{Carico equivalente tagliante}$$

$$Q_1 = q'_v * L/2 = 110.5 * 22.60/2 = 1248.8 \text{ kN}$$

$$\text{Azione verticale applicata } e = +2.00 + 1.435 * 1.5 = 4.15 \text{ m}$$

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	51



7.6.1.1.3 Effetti sulla sottostruttura

Dato che le condizioni di carico previste sono da considerarsi solo per le verifiche eccezionali SLU con coefficiente unitario, mediante analisi preliminari si è accertato che tali combinazioni di azioni sollecitano la sottostruttura all'interno del campo di esercizio delle combinazioni SLU; pertanto, per brevità di trattazione non sono state direttamente esplicitate nei calcoli di dimensionamento dei capitoli successivi.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	52

7.7 AZIONI VARIABILI ORIZZONTALI (Q)

7.7.1 Azioni da traffico ferroviario (Q₁)

Sopra il profilo di monte della spalla si applicano le pressioni verticali derivanti dal transito ferroviario esterno. Come da normativa, si ipotizza come larghezza totale transitabile il tratto di profilo dove i carichi possono interagire con l'opera di sostegno, ovvero al di sopra della fondazione e all'interno del cuneo di spinta del terreno sulla parete.

Considerando caricati entrambi i binari, si valuta come carico accidentale associato una pressione uniforme media, come di seguito esposto:

$$q = \frac{1}{L_T \cdot L_L} \cdot \sum_1^n Q_i$$

pressione uniforme media sull'area caricata $L_T \cdot L_L$

$$L_L = 6.40 \text{ m}$$

lunghezza longitudinale interessata dai carichi

(lunghezza fondazione di monte spalla, comprensiva del cuneo di spinta del terreno)

$$L_T = 13.50 \text{ m}$$

larghezza trasversale transitabile (larghezza spalla)

Spalla S2

$$q = 1/(6.40 \cdot 13.50) \cdot (4 \cdot 250) \cdot 2 = 23.15 \text{ kPa}$$

Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sull'altezza libera fuori terra della spalla e di larghezza pari alle elevazioni spalle.

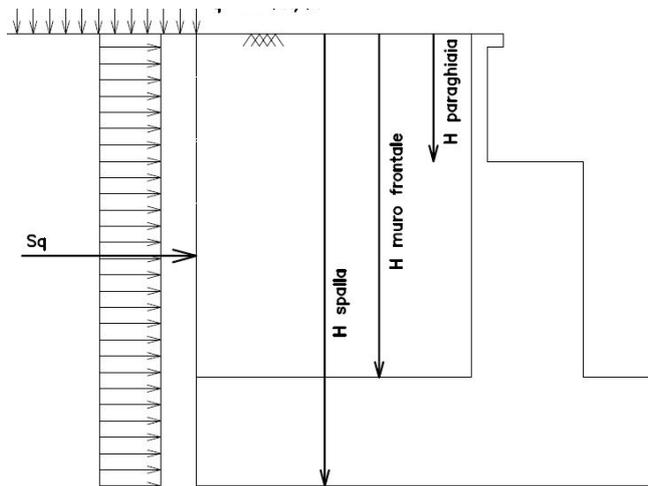


Figura 19: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	53

7.7.1.1 Azione da traffico ferroviario sul muro paraghiaia

Al fine della valutazione degli effetti locali dei carichi verticali ferroviari sul muro paraghiaia è necessario operare una distribuzione degli stessi in direzione trasversale, eseguendo una diffusione del carico, a partire dalla larghezza della traversina ed $\frac{1}{4}$ attraverso la massiciata, per una lunghezza pari a:

$$b = (0.80 - 0.26) / 4 * 2 + 2.40 = 2.67 \text{ m}$$

laddove si sono considerate le seguenti caratteristiche geometriche:

	[m]
Altezza ballast	0.80
Altezza traversina	0.26
Larghezza traversina	2.40

Si considerano i carichi relativi al modello SW/2 visto che rappresentano una condizione più gravosa rispetto al modello di carico LM71, i cui vengono distribuiti secondo lo schema di Fig. 5.2.4 al §5.2.2.3.1.4 delle NTC2008.

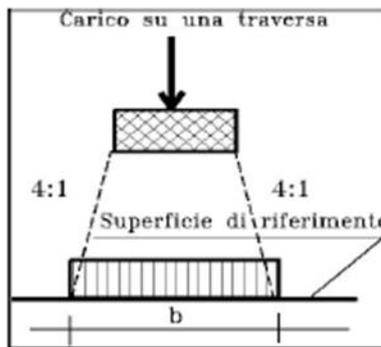


Fig. 5.2.4 - Distribuzione longitudinale dei carichi attraverso il ballast

In accordo con quanto riportato al par. 7.5.1 della presente relazione, si moltiplicano i valori dei carichi per il coefficiente di adattamento, ottenendo quindi:

TRENO SW/2

$$Q1 = 150 \text{ kN/m} * 1.0 = 150.00 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato del carico longitudinale q_{vk}

L'eccentricità non è da considerarsi per il caso di treno di carico SW/2, per il quale quindi si effettua la ripartizione semplicemente dividendo il valore q_1 per la lunghezza $b = 2.67 \text{ m}$, risultando dunque in una distribuzione di tensioni sul muro paraghiaia pari a:

$$\sigma = 150.00 \text{ kN/m} / 2.67 \text{ m} = 56.18 \text{ kN/m}$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	54

7.7.2 Forza centrifuga (Q₄)

Nome	Tipo	Y _Q	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
		(Fav / Sfav)			
CENTRIFUGA	Variabili da traffico ferroviario	0.00 / 1.45	0.80	0.50	0.00

Nei ponti ferroviari al di sopra dei quali il binario presenta un tracciato in curva deve essere considerata la forza centrifuga agente su tutta l'estensione del tratto in curva.

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

Le forze centrifughe sono valutate in accordo al par. 2.5.1.4.3.1 del "Manuale di progettazione delle opere civili parte II - sezione 2- ponti e strutture: "RFI DTC SI PS MA IFS 001 E".

Il valore caratteristico della forza centrifuga si determinerà in accordo con la seguente espressione:

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

q_{tk} valore caratteristico della forza centrifuga, espresso in kN/m

q_{vk} valore caratteristico dei carichi verticali ferroviari, espresso in kN/m

V velocità di progetto, espressa in km/h

f fattore di riduzione

R raggio di curvatura, espresso in m

Nel caso in esame essendo V=200 km/h vanno considerati i seguenti casi di calcolo:

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

Tab. 2.5.1.4.3.1-1 - Parametri per determinazione della forza centrifuga

In particolare, per il treno LM71 andrà considerata la condizione più sfavorevole tra le due indicate in tabella.

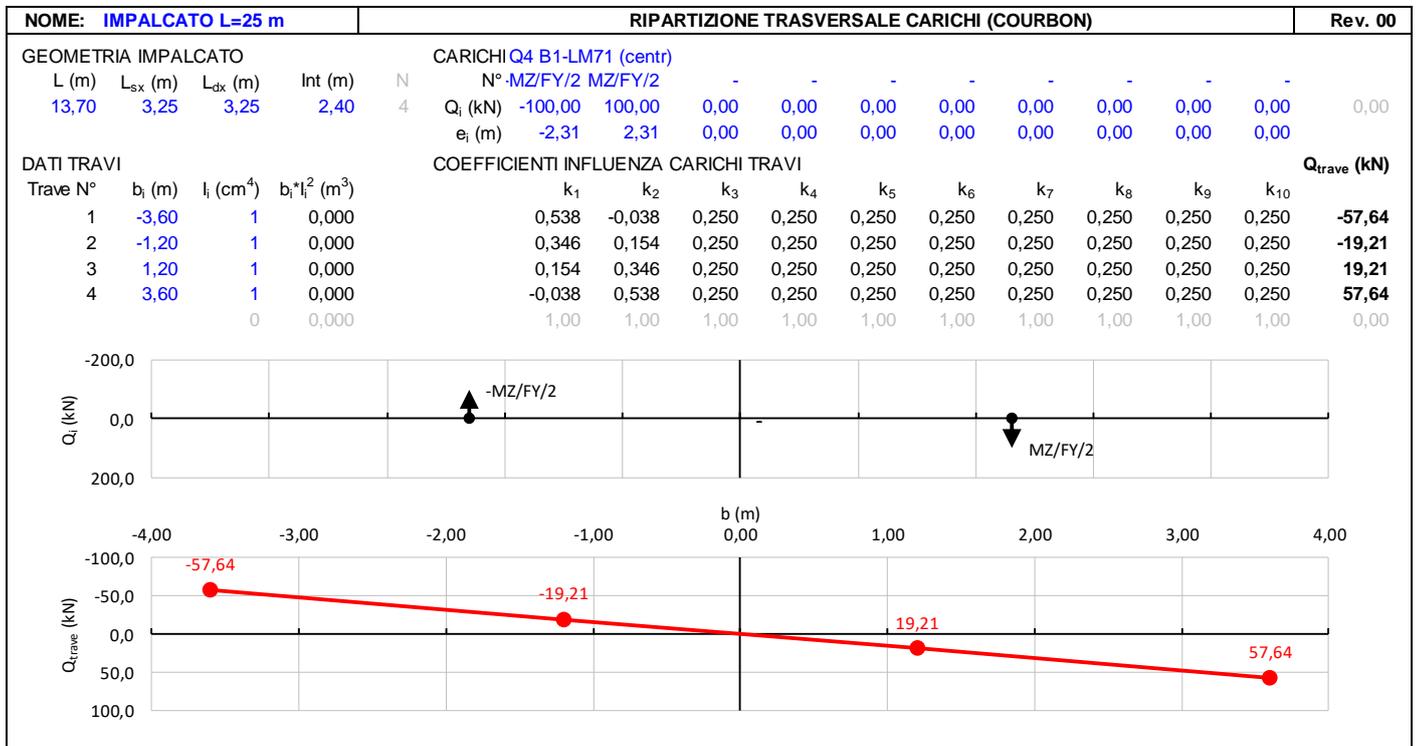
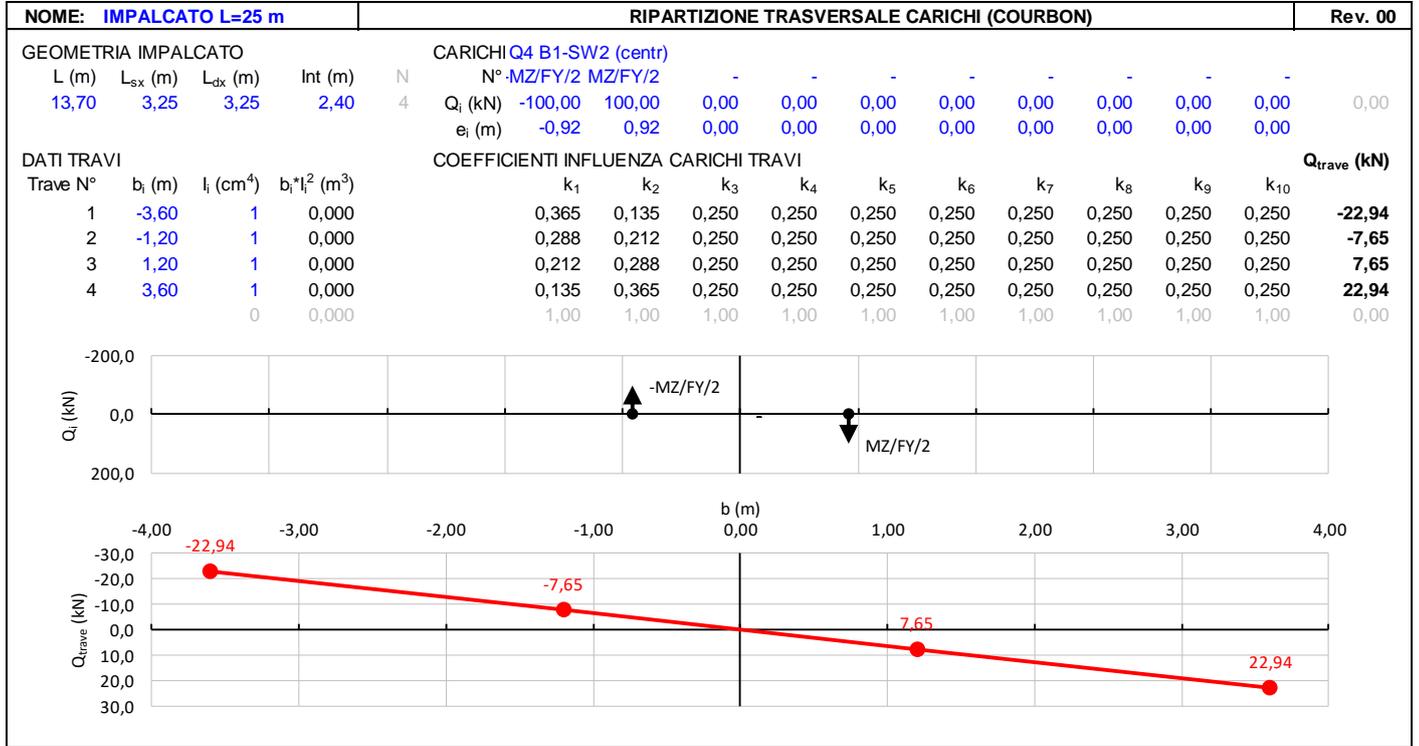
MANDATARIA 	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	55

NOME: IMPALCATO L=25 m			CALCOLO FORZA CENTRIFUGA			Rev. 00
DATI DEL PROGETTO						
V (km/h)	200	Velocità di progetto	Distanza PF/appoggi (m)		3,30	
R (m)	2400	Raggio di curvatura				
L _f (m)	12,50	Lunghezza di binario carico				
TRENO LM71 e SW/0		TRENO SW/2				
Q _{vk} (kN)	1405,0	Q _{vk} (kN)	1695,0	Carichi verticali ferroviari caratteristico		
	Caso 1	Caso 2	Caso 1			
V (km/h)	200	120	V (km/h)	100	Velocità di progetto	
α (-)	1,00	1,10	α (-)	1,00	Coefficiente di adattamento	
f (-)	0,758	1,000	f (-)	1,00	Fattore di riduzione	
q _{tk} (kN/m)	139,74	73,02				
Q _{4,c} (kN)	139,7	Q _{4,c} (kN)	55,6	Forza centrifuga caratt. trasversale		
M _{4,c} (kNm)	461,1	M _{4,c} (kNm)	183,5	Momento torcente forza centrifuga caratt.		
Nota: i valori iniziale di Q _{vk} sono caratteristici verticali (non amplificati per α o per Φ)						

Gli effetti sui singoli impalcato indotti dall'azione centrifuga, nelle varie combinazioni di carico accidentale ferroviario associate, vengono valutati secondo una lunghezza di influenza di mezza campata, distribuendo rigidamente alla Courbon le azioni torcenti (modellate come azioni verticali di 100 kN eccentriche) in prossimità degli appoggi trave, i quali determinano delle reazioni verticali che equilibrano le azioni sollecitanti torcenti generate dai carichi orizzontali.

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	56



LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	57

NOME: IMPALCATO L=25 m				RIPARTIZIONE TRASVERSALE CARICHI (COURBON)											Rev. 00			
GEOMETRIA IMPALCATO				CARICHI Q4 B2-LM71 (centr)														
L (m)	L _{SX} (m)	L _{DX} (m)	Int (m)	N	N°	MZ/FY/2	MZ/FY/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,70	3,25	3,25	2,40	4	Q _i (kN)	-100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					e _i (m)	-2,31	2,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DATI TRAVI				COEFFICIENTI INFLUENZA CARICHI TRAVI											Q_{trave} (kN)			
Trave N°	b _i (m)	I _i (cm ⁴)	b _i *I _i ² (m ³)	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	k ₅	k ₆	k ₇	k ₈	k ₉	k ₁₀					
1	-3,60	1	0,000	0,538	-0,038	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	-57,64				
2	-1,20	1	0,000	0,346	0,154	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	-19,21				
3	1,20	1	0,000	0,154	0,346	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	19,21				
4	3,60	1	0,000	-0,038	0,538	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	57,64				
				0	0,000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00				

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	58

7.7.3 Azione laterale serpeggio (Q_5)

Nome	Tipo	γ_Q (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
SERPEGGIO	Variabili da traffico ferroviario	0.0 / 1.45	0.80	0.50	0.00

L'azione laterale associata al serpeggio è definita al par. 1.4.3.2 delle Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari, che riprende il par. 5.2.2.4.2 delle NTC 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 α .

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dall'azione di serpeggio, nelle varie combinazioni di carico accidentale ferroviario associate, vengono valutati secondo una lunghezza di influenza di mezza campata, distribuendo rigidamente alla Courbon le azioni torcenti (modellate come azioni verticali di 100 kN eccentriche) in prossimità degli appoggi trave, i quali determinano delle reazioni verticali che equilibrano le azioni sollecitanti torcenti generate dai carichi orizzontali.

NOME: IMPALCATO L=25 m		CALCOLO FORZA SERPEGGIO			Rev. 00
Q_{sk} (kN)	100.0	Azione caratteristica di serpeggio	Distanza PF/appoggi (m)	3.30	
TRENO LM71 e SW/0		TRENO SW/2			
α (-)	1.10	α (-)	1.00		
Q_s (kN)	110.0	Q_s (kN)	100.0	Forza serpeggio caratt. trasversale	
M_{tk} (kNm)	363.00	M_{tk} (kNm)	330.00	Momento torcente forza serpeggio caratt.	

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	60

NOME: IMPALCATO L=25 m				RIPARTIZIONE TRASVERSALE CARICHI (COURBON)										Rev. 00									
GEOMETRIA IMPALCATO				CARICHI Q5 B2-LM71 (serp)																			
L (m)	L _{SX} (m)	L _{DX} (m)	Int (m)	N	N°	MZ/FY/2	MZ/FY/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
13,70	3,25	3,25	2,40	4	Q _i (kN)	-100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					e _i (m)	-1,82	1,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DATI TRAVI				COEFFICIENTI INFLUENZA CARICHI TRAVI										Q_{trave} (kN)									
Trave N°	b _i (m)	I _i (cm ⁴)	b _i *I _i ² (m ³)	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	k ₅	k ₆	k ₇	k ₈	k ₉	k ₁₀										
1	-3,60	1	0,000	0,477	0,023	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	-45,38									
2	-1,20	1	0,000	0,326	0,174	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	-15,13									
3	1,20	1	0,000	0,174	0,326	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	15,13									
4	3,60	1	0,000	0,023	0,477	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	45,38									
		0	0,000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00									

The diagram illustrates the transverse distribution of loads. The top graph shows the load distribution Q_i (kN) across the width b (m) from -4,00 to 4,00. It indicates the positions of the moments $-MZ/FY/2$ and $MZ/FY/2$. The bottom graph shows the resulting transverse load Q_{trave} (kN) across the width b (m), with values of -45,38, -15,13, 15,13, and 45,38.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	61

7.7.4 Azioni di avviamento e frenatura (Q₃)

L'azione orizzontale associata all'avviamento e alla frenatura dei treni è definita al par. 1.4.3.2 delle Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari, che riprende il par. 5.2.2.4.2 delle NTC 2008, ed equivale ad una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, parallelamente all'asse del binario.

Nome	Tipo	γ_Q (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
TRAFFICO LM71	Carichi da traffico	0.00 / 1.45	0.80	0.50	0.00
TRAFFICO SW/2	ferroviario	0.00 / 1.45	0.80	0.50	0.00

I valori caratteristici da considerare, da moltiplicare per i coefficienti di adattamento α , sono:

Avviamento

$Q_{3a,k} = 33 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]} \leq 1000 \text{ KN}$ modelli di carico LM71, SW/0, SW/2

Frenatura

$Q_{3f,k} = 35 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$ modelli di carico SW/2

$Q_{3f,k} = 20 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]} \leq 6000 \text{ KN}$ modelli di carico LM71, SW/0

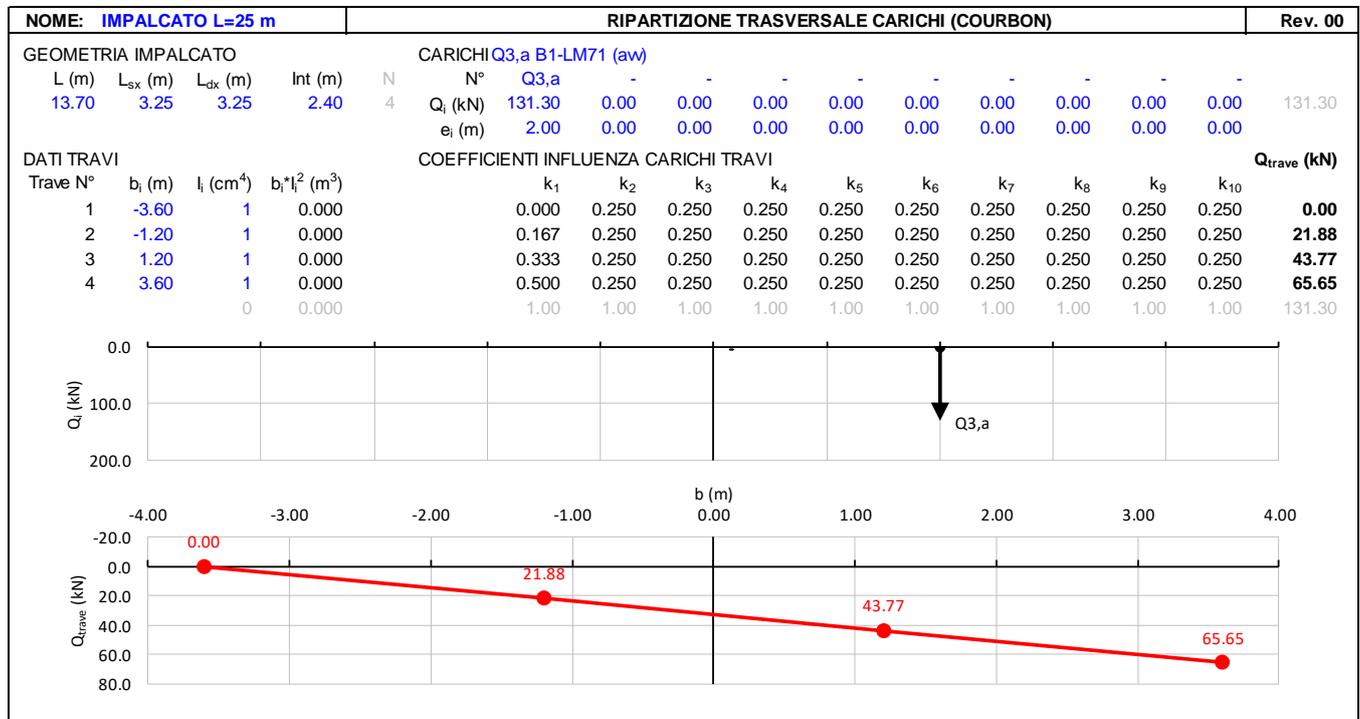
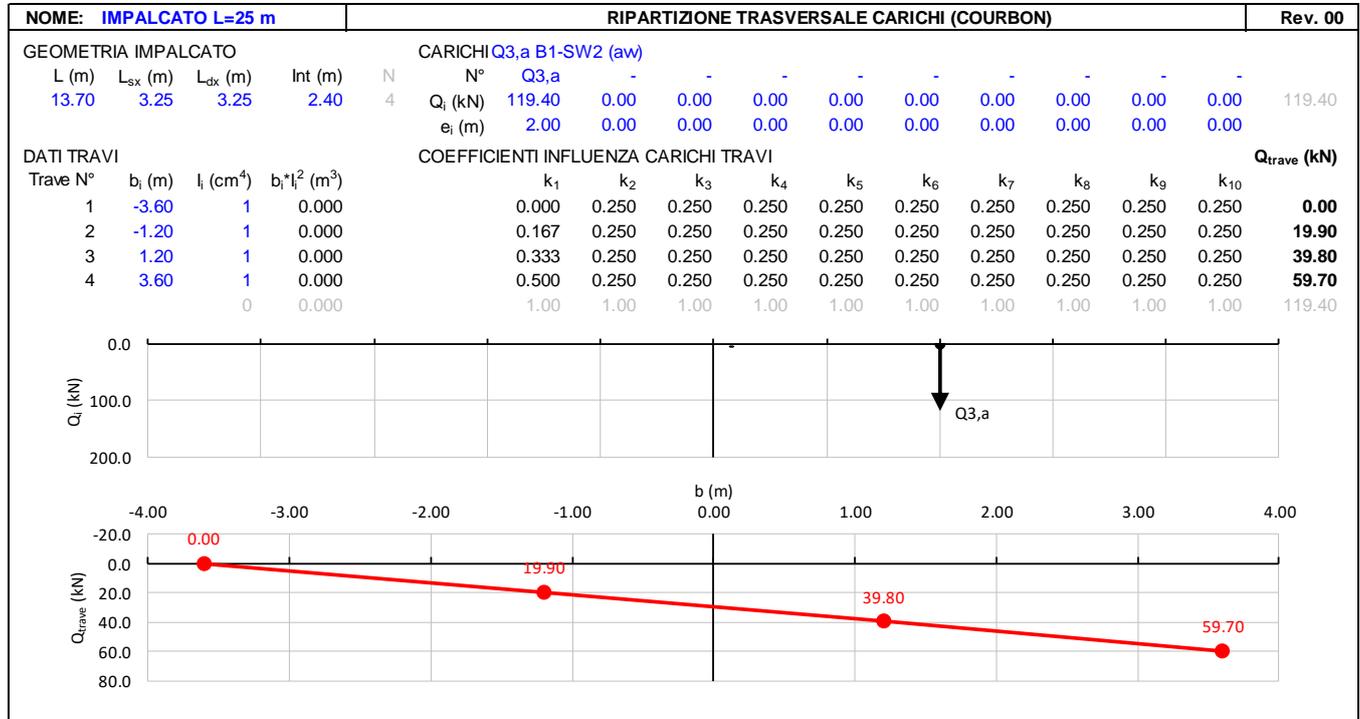
Nel caso di ponti a doppio binario si devono considerare due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento, l'altro in fase di frenatura; pertanto, per ogni binario (B1 o B2) si può avere:

NOME: IMPALCATO L=25 m		CALCOLO FORZA AVVIAMENTO / FRENATURA		Rev. 00
L calcolo (m)	22.80	Lunghezza tra appoggi	Distanza PF/appoggi (m)	3.30
L (m)	25.00	Lunghezza di binario carico		
TRENO LM71 e SW/0		TRENO SW/2		
α (-)	1.10	α (-)	1.00	
$Q_{3,f}$ (kN)	550.0	$Q_{3,f}$ (kN)	875.0	Forza frenatura caratt. longitudinale
$V_{3,f}$ (kNm)	79.6	$V_{3,f}$ (kNm)	126.6	Forza frenatura caratt. verticale
$Q_{3,a}$ (kN)	907.5	$Q_{3,a}$ (kN)	825.0	Forza avviamento caratt. longitudinale
$V_{3,a}$ (kNm)	131.3	$V_{3,a}$ (kNm)	119.4	Forza avviamento caratt. verticale

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dall'azione di avviamento o frenatura, nelle varie combinazioni di carico accidentale ferroviario associate, vengono valutati secondo una lunghezza di influenza di mezza campata, distribuendo rigidamente alla Courbon le azioni torcenti in prossimità degli appoggi trave, i quali determinano delle reazioni verticali che equilibrano le azioni sollecitanti torcenti generate dai carichi orizzontali.

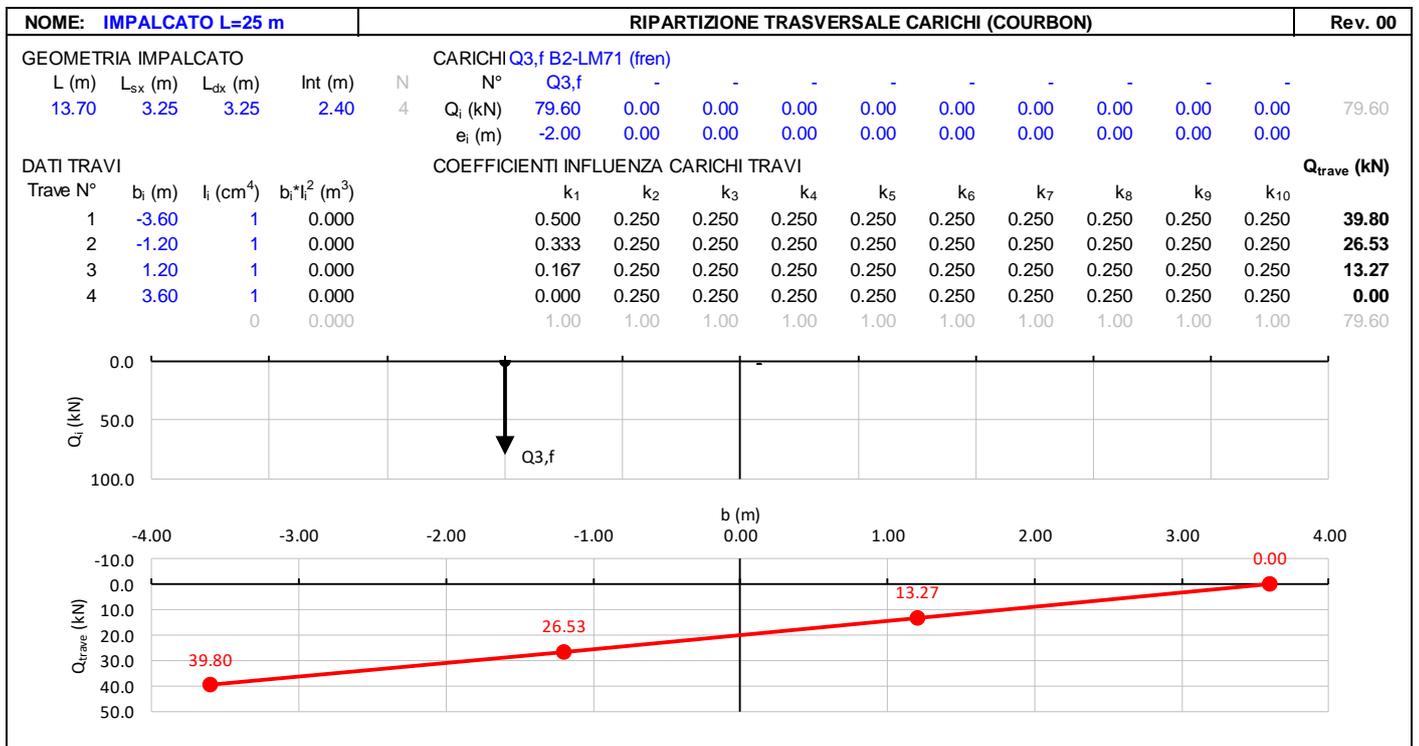
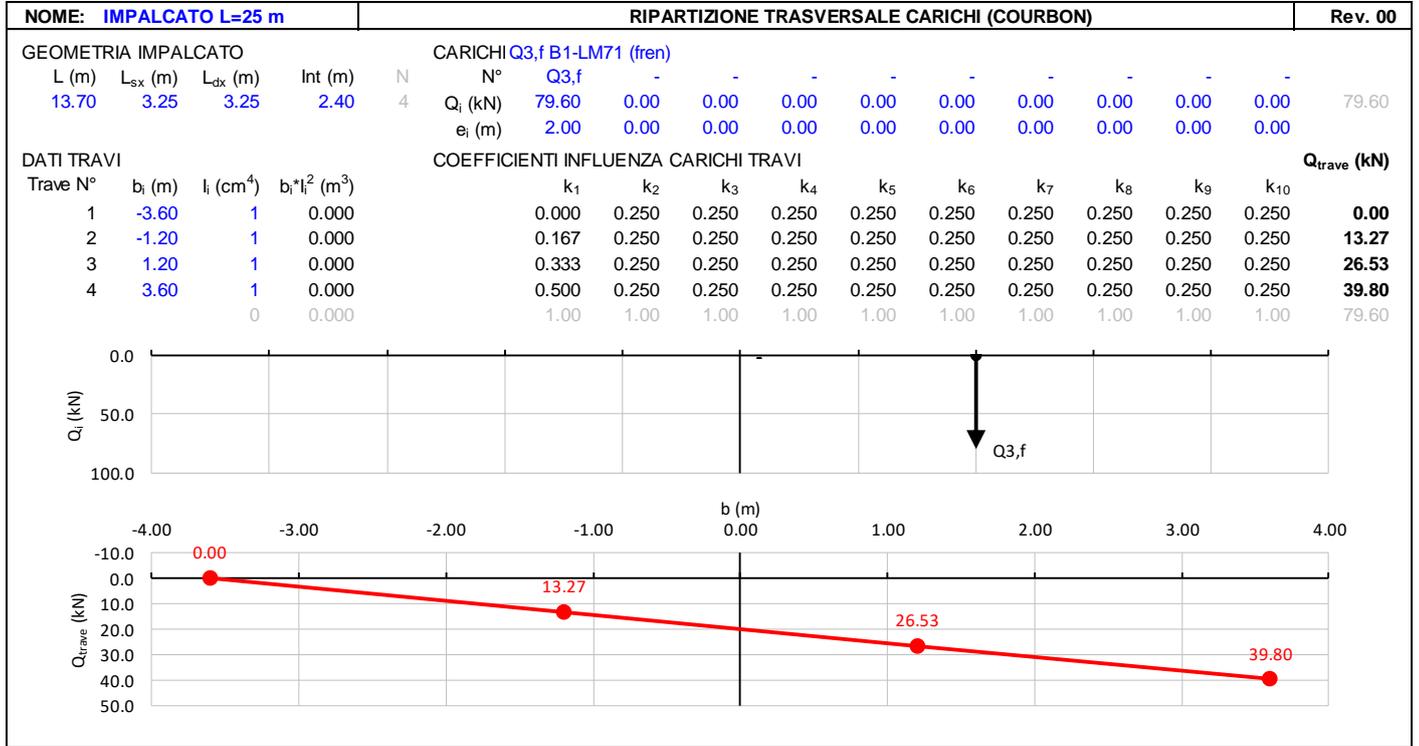
**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	62



VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	64



MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 02 04			PROGR 002	REV B

7.8 AZIONE DEL VENTO (Q_6)

Nome	Tipo	γ_Q (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
VENTO	Variabile	EQU 0.00 / 1.50 (A1) 0.00 / 1.50 (A2) 0.00 / 1.30	0.60	0.50	0.00

In accordo con le raccomandazioni CNR DT207 R1/2018, l'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico statico uniformemente distribuito sulle superfici. La componente ortogonale è calcolata secondo la seguente espressione:

- $q_b(z)$ pressione cinetica di riferimento
 $c_e(z)$ coefficiente di esposizione
 C_{pm} coefficiente di forma (o aerodinamico) complessivo

Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, dalla categoria di esposizione dove sorge la costruzione. Viene calcolato con le seguenti espressioni:

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

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

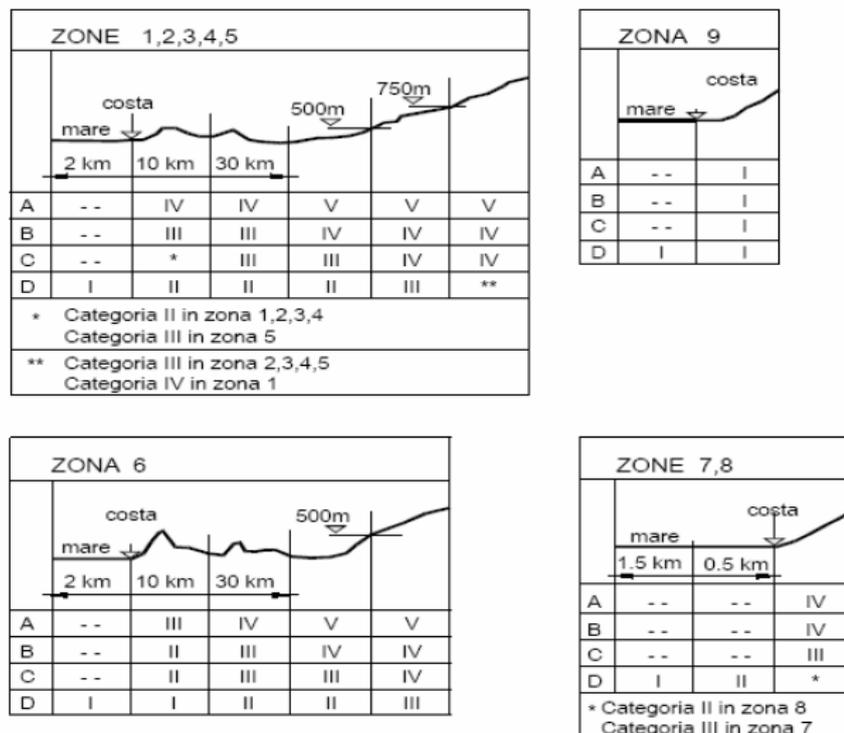


Fig. 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	66

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

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

Tabella 11 - Criterio di assegnazione della categoria di esposizione per le diverse zone italiane

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate,)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Tabella 12 - Classi di rugosità del terreno

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	67

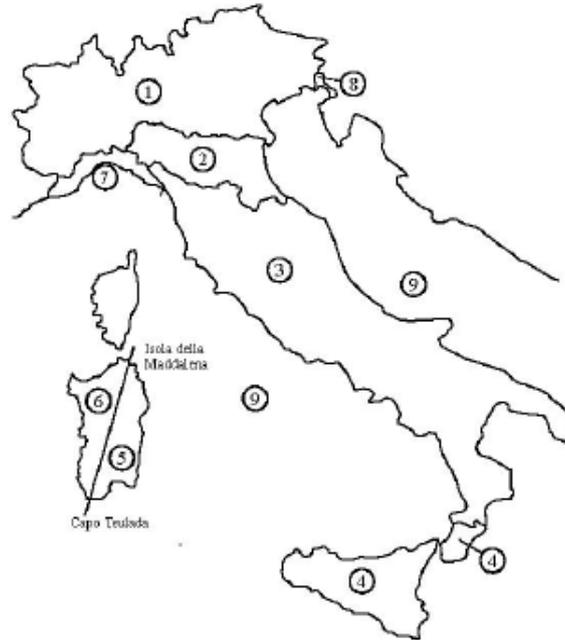


Fig. 3.3.1 - Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Figura 20 - Zone caratterizzate da diversi valori della velocità di riferimento

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Tabella 13 - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 e k_s per le diverse zone italiane

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	68

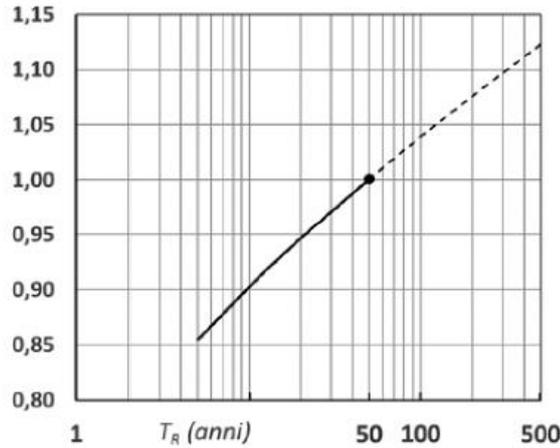


Figura C3.3.1 – Valori del coefficiente α_R in funzione del periodo di ritorno T_R (asse in scala logaritmica),

Figura 21 - Diagramma del coefficiente di ritorno α_r in funzione del periodo di ritorno TR

7.8.1 Azione del vento impalcato

NOME: CAMPATA L=25 m		CALCOLO AZIONE VENTO IMPALCATO (CNR DT207/2008)			Rev. 00
PARAMETRI VENTO DI PROGETTO		DATI GEOMETRICI IMPALCATO			AZIONI TOTALI IMPALCATO
Zona	3 (Tab.3.I)	h_{tot} (m)	7,80	Altezza impalcato	L influenza (m) 12,50
$v_{b,0}$ (m/s)	27,00 Velocità base liv. mare (Tab.3.I)	d (m)	13,70	Larghezza impalcato	F_x (kN) 234,6
c_a	1,00 Coeff. altitudine	d/h_{tot}	1,76 (§G.10.3)		F_y (kN) 206,3
v_b (m/s)	27,00 Velocità base riferimento vento	z (m)	20,00	Altezza dal suolo impalcato	M_z (kNm) 645,6
T_R (anni)	75 Tempo ritorno vento	c_e	2,81	Coeff. esposizione	
c_r	1,037 Coeff. tempo ritorno	ρ (kg/m ³)	1,25	Massa specifica aria	
v_r (m/s)	27,99 Velocità riferimento vento	q_p (Pa)	1376	Pressione cinetica picco	
k_a	0,02 Fattore altitudine (Tab.3.I)	c_{fx}	1,749		
a_s (m s.l.m.)	500 Altitudine sito	c_{fy}	0,876		
a_0 (m s.l.m.)	500 Altitudine base (Tab.3.I)	c_{mz}	0,20		
Categoria	2 (Tab. 3.II - 3.III)	f_x (kN/m)	18,77 (§G.10.3)		
k_r	0,19 Fattore terreno (Tab.3.II)	f_y (kN/m)	16,51 (§G.11.1)		
z_{min} (m)	4,00 Altezza minima (Tab.3.II)	m_z (kNm/m)	51,65 (§G.11.1)		
z_0 (m)	0,05 Altezza rugosità (Tab.3.II)				
c_t	1,00 Coeff. topografico				

$$f_x(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fx}$$

$$f_y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fy}$$

$$m_z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mz}$$

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	69

NOME: IMPALCATO L=25 m				RIPARTIZIONE TRASVERSALE CARICHI (COURBON)											Rev. 00	
GEOMETRIA IMPALCATO				CARICHI Q6 (vento)												
L (m)	L _{SX} (m)	L _{DX} (m)	Int (m)	N	N°	MZ/FY/2	MZ/FY/2	FY	-	-	-	-	-	-	-	-
13,70	3,25	3,25	2,40	4	Q _i (kN)	-206,32	206,32	206,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	206,32
					e _i (m)	-1,56	1,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
DATI TRAVI				COEFFICIENTI INFLUENZA CARICHI TRAVI												
Trave N°	b _i (m)	I _i (cm ⁴)	b _i *I _i ² (m ³)	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	k ₅	k ₆	k ₇	k ₈	k ₉	k ₁₀	Q _{trave} (kN)		
1	-3,60	1	0,000	0,446	0,054	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	-29,12		
2	-1,20	1	0,000	0,315	0,185	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	24,68		
3	1,20	1	0,000	0,185	0,315	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	78,48		
4	3,60	1	0,000	0,054	0,446	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	132,28		
				0	0,000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	206,32		

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	70

7.9 AZIONE SISMICA (E)

Nome	Tipo	γ_E (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
SISMA	Sismiche	EQU 0.00 / 1.00 (A1) 0.00 / 1.00 (A2) 0.00 / 1.00	-	-	-

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, che costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica del sito è definita in termini di:

a_g	accelerazione orizzontale massima del terreno
F_0	valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
T_C^*	periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

L’accelerazione orizzontale massima attesa a_g è riferita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R per ogni stato limite considerato.

I valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell’intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell’ALLEGATO B delle NTC.

7.9.1 Stati limite di progetto sismici

L’opera in questione rientra in particolare nell’ambito del Progetto di Raddoppio della tratta Ferroviaria “Linea Pescara - Bari - Raddoppio Termoli - Lesina”, che si sviluppa per circa 25Km, attraversando il territorio di diverse località, tra cui Termoli (CB), Campomarino (CB), Campomarino – Santa Monica (CB), Marina di Chieti / Chieti (FG), Serracapriola- Loc.SS16 (FG).

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	71

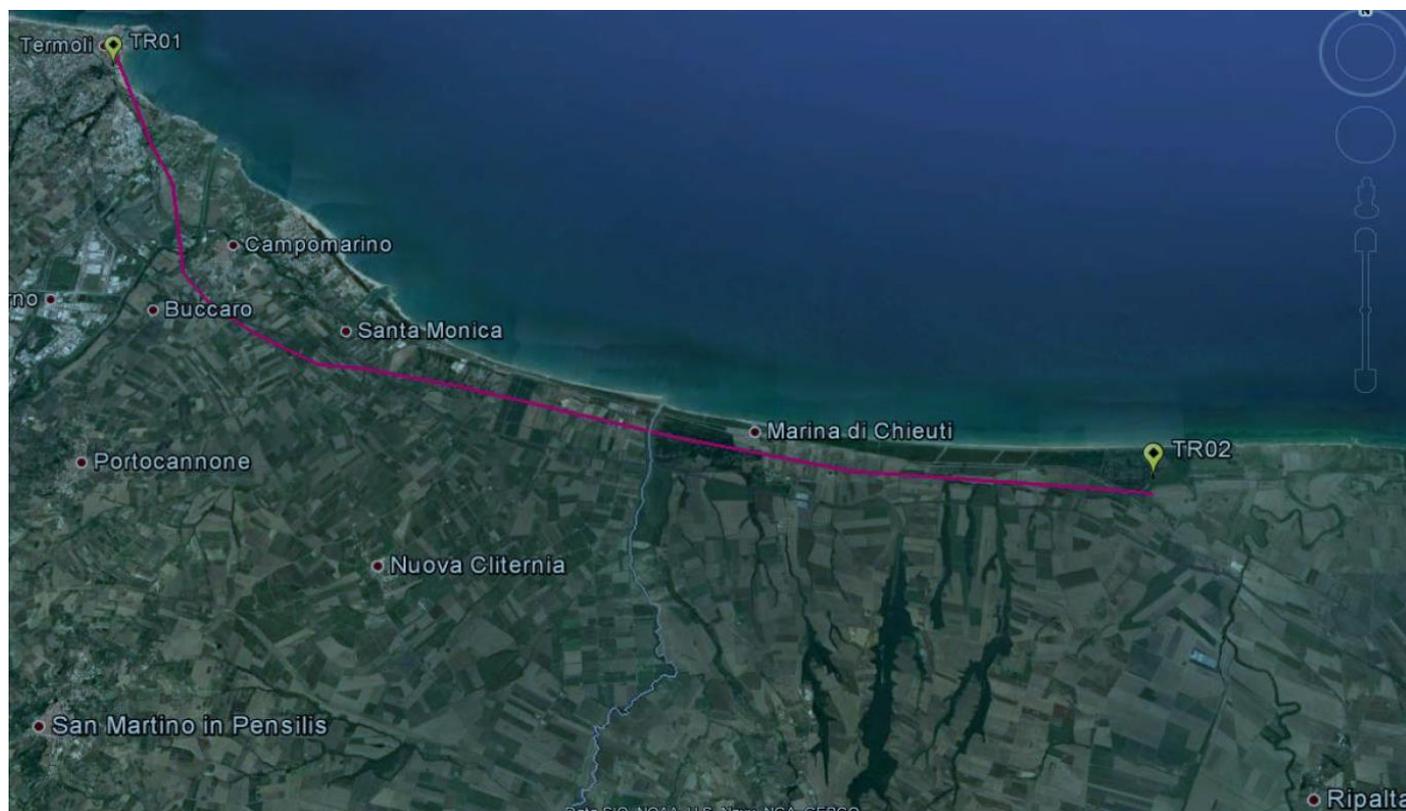


Figura 22- Configurazione planimetrica tracciato

In considerazione della variabilità dei parametri di pericolosità sismica con la localizzazione geografica del sito, ed allo scopo di individuare dei tratti omogenei nell'ambito dei quali assumere costanti detti parametri, si è provveduto a suddividere il tracciato in quattro sottozone sismiche, a seguito di un esame generale del livello pericolosità sismica dell'area che evidenzia un graduale incremento dell'intensità sismica da nord verso sud; nella fattispecie le zone sismiche "omogenee" individuate, sono quelle di seguito elencate:

Progr. Inizio	Progr. Fine	Località di Riferimento Azioni Sismiche	Zona sismica Locale
0	5.250,00	Campomarino(CB)	S1
5.250,00	10.000,00	Campomarino - Santa Monica (CB)	S2
10.000,00	18.650,00	Marina di Chieuti /Chieuti (FG)	S3
18.650,00	24.200,00	Serracapriola- Loc.SS16 (FG)	S4

Tabella 14 - Tabella di riepilogo località di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche per il progetto delle opere

La vita nominale V_N delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato nella seguente tabella:

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	72

TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾	Vita Nominale V_N [Anni] ⁽¹⁾
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14.01.2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ($V < 250$ Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V < 250$ Km/h	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V \geq 250$ km/h	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	≥ 100 ⁽²⁾
(1) – La stessa V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere. (2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE.	

Per le opere definitive e tenendo conto delle indicazioni precedenti, si ha il periodo di riferimento della struttura $V_R = 112.5$ anni, si possono pertanto individuare i seguenti stati limite:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	68	0,066	2,494	0,324
SLD	113	0,082	2,548	0,332
SLV	1068	0,195	2,532	0,375
SLC	2193	0,253	2,507	0,382

Tabella 15 - Parametri sismici per i vari stati limite di progetto

Con riferimento al §7 delle NTC 2008, le costruzioni caratterizzate nei confronti dello SLV, da $a_g S \leq 0.075g$, possono essere progettate e verificate con la sola verifica nei confronti dello SLV.

Con riferimento alle caratteristiche dell'opera, si sono analizzati i seguenti stati limite di progetto:

- *Stato limite di danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature

Probabilità di superamento

$$P_{VR} = 63\%$$

Tempo di ritorno

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = -112.5 / \ln(1-0.63) = 113 \text{ anni}$$

- *Stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	73

invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali

Probabilità di superamento

$$P_{VR} = 10\%$$

Tempo di ritorno

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = -112.5 / \ln(1-0.10) = 1068 \text{ anni}$$

7.9.2 Spettri di risposta

Per il sito in esame, in base alle caratteristiche geotecniche di riferimento e dalla morfologia del terreno descritti nei capitoli precedenti, il sottosuolo può essere classificato come:

Categoria sottosuolo "C"

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s

Categoria topografica "T1"

Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Lo spettro di risposta elastico orizzontale $S_e(T)$ del sisma è definito dalle espressioni seguenti:

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

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

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

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

T periodo di vibrazione orizzontale [s]

$S_e(T)$ accelerazione spettrale orizzontale [m/s^2]

$S = S_s \cdot S_T$ coefficiente della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

S_s coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi tabella seguente)

S_T coefficiente di amplificazione topografica (vedi tabella seguente)

$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55$ fattore che altera lo spettro elastico per smorzamento viscosi diversi dal 5%

ξ coefficiente di smorzamento viscoso [%]

F_0 fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima

$T_C = C_c \cdot T_C^*$ periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

C_c coefficiente definito nella tabella seguente

$T_B = T_C/3$ periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante

$T_D = 4 \cdot a_g/g + 1,6$ periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.0 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO	
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	74

C	$1.0 \leq 1.70 - 0.6 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.50}$
E	$1.0 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

Tabella 16 - Coefficienti di amplificazione stratigrafica orizzontale

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S _T
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Tabella 17 - Coefficienti di amplificazione topografica

Lo spettro di risposta elastico verticale $S_{ve}(T)$ del sisma è definito dalle espressioni seguenti:

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T_D \cdot T_C}{T^2} \right]$$

T periodo di vibrazione verticale [s]

$S_{ve}(T)$ accelerazione spettrale verticale [m/s^2]

$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot (a_g/g)^{0.5}$ fattore che quantifica l'accelerazione spettrale massima

I parametri S_s , T_B , T_C e T_D per la definizione dello spettro verticale sono indipendenti dalla categoria di suolo e assumono i valori riportati nella tabella seguente.

Categoria sottosuolo	S _s	T _B	T _C	T _D
A, B, C, D, E	1.0	0.05 s	0.15 s	1.0 s

Tabella 18 - Coefficienti di amplificazione stratigrafica verticale

Le capacità dissipative della struttura possono essere considerate nella fase di analisi attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare è lo spettro elastico ridotto sostituendo nelle formule corrispondenti η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. Si assume comunque $S_d(T) \geq 0,2a_g$.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	75

Il valore del fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

q_0 valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto α_u/α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione

K_R fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione

Il valore di q utilizzato per la componente verticale dell'azione sismica allo SLV, a meno di adeguate analisi giustificative, è $q = 1.50$ per qualunque tipologia strutturale e di materiale, tranne che per i ponti per i quali è $q = 1.00$.

7.9.2.1 *Pile e spalle da ponte*

Le capacità dissipative delle singole sottostrutture sono variabili a seconda di che si tratti delle pile o delle spalle.

Nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, la capacità delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole di cui al Capitolo 4, senza nessun requisito aggiuntivo, a condizione che: per le strutture di calcestruzzo armato, nessuna sezione superi la curvatura convenzionale di prima plasticizzazione, come definita al § 7.4.4.1.2; per le strutture di calcestruzzo armato precompresso e per le strutture in carpenteria metallica, nessun materiale superi la deformazione di snervamento di progetto.

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo, la struttura del ponte deve essere concepita e dimensionata in modo tale che, sotto l'azione sismica relativa allo SLV, essa dia luogo alla formazione di un meccanismo dissipativo stabile nel quale la dissipazione sia limitata alle pile.

Ai soli fini del progetto dei pali di fondazione, con riferimento al §7.2.5, è possibile considerare una limitata capacità dissipativa, dividendo per 1.50 le sollecitazioni sismiche sui pali derivanti dall'analisi strutturale con comportamento non dissipativo. In questo caso, per una lunghezza pari a 10 diametri dalla sommità del palo, devono applicarsi i dettagli costruttivi di cui al §7.9.6.1 relativi alla CD"B".

Gli elementi ai quali non è mai richiesta capacità dissipativa devono mantenere un comportamento sostanzialmente elastico; essi sono: gli elementi progettati per avere un comportamento non dissipativo, le porzioni esterne alle zone dissipative delle pile, l'impalcato, gli apparecchi di appoggio, le strutture di fondazione, le spalle, le pile che non scambiano azioni orizzontali con l'impalcato.

Per le due componenti orizzontali dell'azione sismica, nel caso di comportamento strutturale non dissipativo $q_0 = 1.00$, mentre per comportamento strutturale dissipativo i valori di q_0 sono quelli di Tab. 7.3.II con le seguenti:

$$\lambda(\alpha) = \begin{cases} 1.00 & \alpha \geq 3.00 \\ (\alpha/3)^{0.5} & 3.00 > \alpha \geq 1.00 \end{cases}$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	76

$$\alpha = L/H$$

L distanza della sezione di cerniera plastica dalla sezione di momento nullo

H dimensione della sezione nel piano di inflessione della cerniera plastica

Per gli elementi duttili di calcestruzzo armato si ha che per la scelta dei valori di q_0 si ha:

$$v_k < 0.30$$

$q_0 =$ valori di Tab. 7.3.II

$$0.30 < v_k < 0.60$$

$$q_0(v_k) = q_0(v_k=0.3) - (v_k / 0.3 - 1) * (q_0(v_k=0.3) - 1)$$

$$v_k = N_{Ed} / (A_c * f_{ck}) < 0.30$$

sollecitazione di compressione normalizzata

N_{Ed}

sforzo di progetto

$A_c * f_{ck}$

resistenza a compressione semplice della sezione

In accordo al §7.9.2 delle NTC 2008, per le verifiche strutturali delle pile si considera classe di duttilità CD“B” e coefficiente di struttura $q_0 = 1.50$, per le spalle si considera coefficiente di struttura $q_0 = 1.50$.

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	77

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,178 g
F_a	2,561
T_c	0,393 s
S_s	1,426
C_c	1,429
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,426
η	1,000
T_B	0,187 s
T_C	0,561 s
T_D	2,314 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,254
T_B	0,187	0,652
T_C	0,561	0,652
	0,645	0,567
	0,728	0,502
	0,812	0,451
	0,895	0,409
	0,979	0,374
	1,062	0,344
	1,145	0,319
	1,229	0,298
	1,312	0,279
	1,396	0,262
	1,479	0,247
	1,563	0,234
	1,646	0,222
	1,730	0,211
	1,813	0,202
	1,897	0,193
	1,980	0,185
	2,063	0,177
	2,147	0,170
	2,230	0,164
T_D	2,314	0,158
	2,394	0,148
	2,474	0,138
	2,555	0,130
	2,635	0,122
	2,715	0,115
	2,796	0,108
	2,876	0,102
	2,956	0,097
	3,036	0,092
	3,117	0,087
	3,197	0,083
	3,277	0,079
	3,358	0,075
	3,438	0,072
	3,518	0,068
	3,599	0,065
	3,679	0,063
	3,759	0,060
	3,839	0,057
	3,920	0,055
	4,000	0,053

Tabella 19 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta orizzontale allo SLV

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	78

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{av}	0,102 g
S_s	1,000
S_T	1,000
q	1,000
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,460
S	1,000
η	1,000

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,102
T_B	0,050	0,261
T_C	0,150	0,261
	0,235	0,166
	0,320	0,122
	0,405	0,097
	0,490	0,080
	0,575	0,068
	0,660	0,059
	0,745	0,052
	0,830	0,047
	0,915	0,043
T_D	1,000	0,039
	1,094	0,033
	1,188	0,028
	1,281	0,024
	1,375	0,021
	1,469	0,018
	1,563	0,016
	1,656	0,014
	1,750	0,013
	1,844	0,011
	1,938	0,010
	2,031	0,009
	2,125	0,009
	2,219	0,008
	2,313	0,007
	2,406	0,007
	2,500	0,006
	2,594	0,006
	2,688	0,005
	2,781	0,005
	2,875	0,005
	2,969	0,004
	3,063	0,004
	3,156	0,004
	3,250	0,004
	3,344	0,003
	3,438	0,003
	3,531	0,003
	3,625	0,003
	3,719	0,003
	3,813	0,003
	3,906	0,003
	4,000	0,002

Tabella 20 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta verticale allo SLV

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	79

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

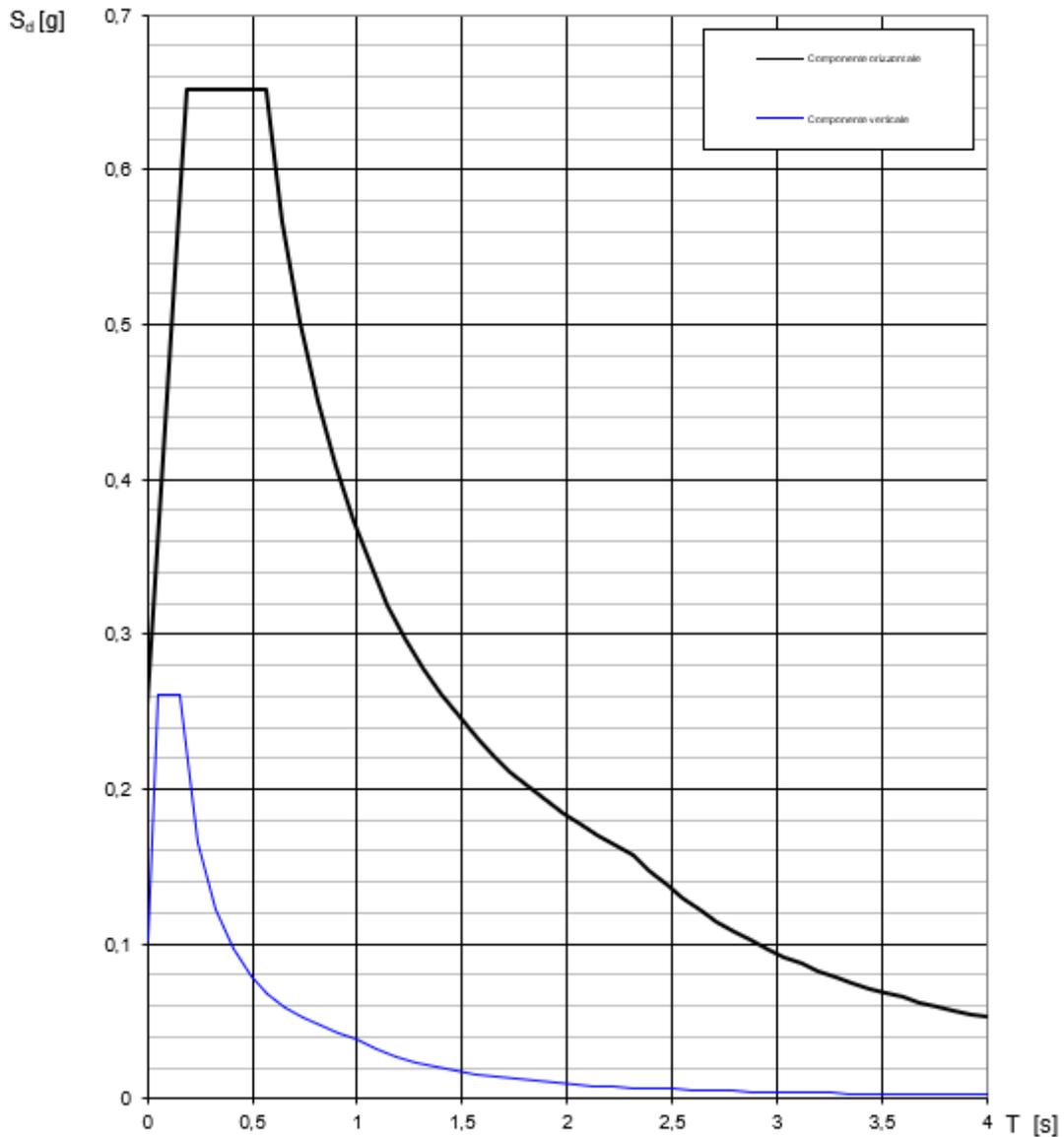


Figura 23 – Spettri di risposta elastici (componente orizzontale e verticale)

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	80

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

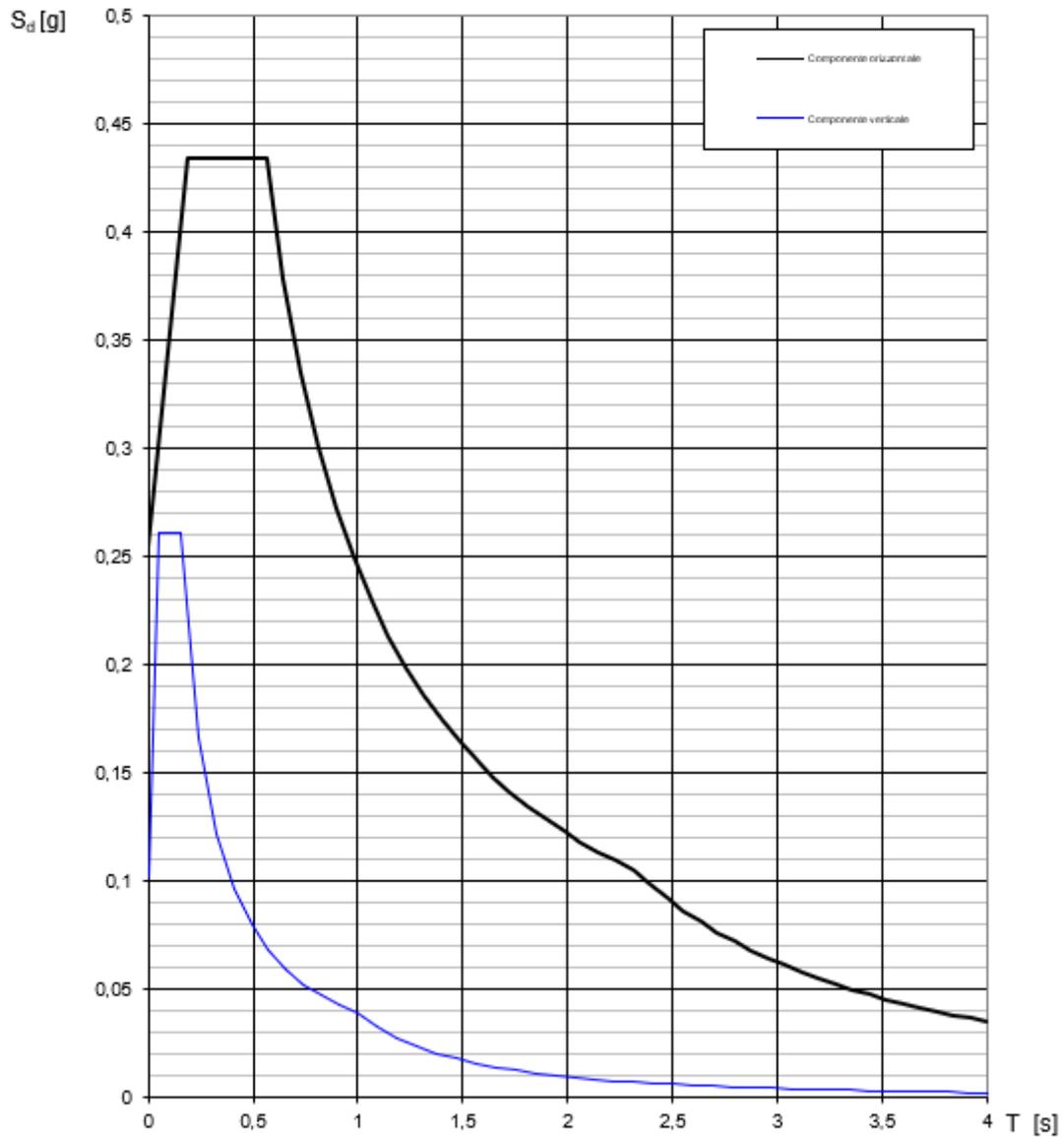


Figura 24 - Spettri di risposta di progetto (componente orizzontale e verticale)

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	81

7.9.3 Amplificazione sismica di progetto

7.9.3.1 Metodo pseudostatico per muri

Con riferimento al § 7.11.6.2 delle NTC 2008 si esegue l'analisi con il metodo pseudostatico, dove l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

La deformabilità della parete viene tenuta in conto mediante dei coefficienti riduttivi correlati al massimo spostamento u_s che l'opera di altezza complessiva H , può ammettere senza riduzioni di resistenza ($u_{s,max}$) e tale per cui sia verificata l'ipotesi di riduzione dell'azione sismica per duttilità strutturale ($u_{s,min}$).

$k_v = \beta_m \cdot S_S \cdot S_T \cdot a_g / g$	coefficiente sismico orizzontale
$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$	coefficiente sismico verticale (di solito non considerato nelle paratie)
$S_S = 1.404$	coefficiente di amplificazione stratigrafica orizzontale
$S_T = 1.00$	coefficiente di amplificazione topografica
a_g	accelerazione massima attesa al sito per lo Stato Limite considerato
$g = 9.81 \text{ m/s}^2$	accelerazione di gravità
$\beta_m = 1.00$	(per muri non liberi di seguire spostamenti relativi rispetto al terreno, vedi §7.11.6.2.1 delle NTC2008)

Si aggiunge che, secondo le NTC2018, i valori del coefficiente β_m possono eventualmente essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di Figura 7.11.3 di cui al successivo §7.11.6.3.2 (coefficiente delle spinte β_m vs spostamenti orizzontali massimi u_s).

Secondo il §3.10.3.1 del MdP del Corpo Stradale si ha infatti che:

“Nelle analisi di muri su pali eseguite con il metodo pseudostatico, i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali, nelle verifiche allo stato limite ultimo, potranno essere assunti come definito al paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC 2018 adottando coefficiente β_m unitario.”

7.9.3.2 Azioni inerziali masse

Le azioni inerziali E_h e E_v associate alle masse degli elementi strutturali dei carichi permanenti strutturali e non strutturali sono determinati incrementando le masse schematizzate nel modello di calcolo secondo gli spettri di progetto secondo le seguenti relazioni:

$E_h = G \cdot S_e(T)$	azione inerziale orizzontale
$E_v = G \cdot S_{ve}(T)$	azione inerziale verticale

Con riferimento a §3.2.4 delle NTC 2008, si considera in fase sismica il contributo delle azioni accidentali come previsto per i ponti ferroviari, pari al 20% del sovraccarico nominale:

$$G = G_1 + G_2 + \sum \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

G	massa totale efficace
G_1	masse dei pesi propri strutturali
G_2	masse dei carichi permanenti non strutturali (permanentemente, terreno)

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	82

Q_{kj} masse dei carichi accidentali
 $\Psi_{2j} = 0.2$ se ponti ferroviari (§5.2.2.8) o ponti stradali alto traffico (§5.1.3.12)

Le azioni inerziali orizzontali E_x e verticali E_y delle masse efficaci sono determinate incrementando i pesi propri G con accelerazioni verticali e orizzontali definite dai coefficienti di amplificazione dinamica k_h e k_v :

$E_x = G \cdot k_h$ azione inerziale orizzontale

$E_y = G \cdot k_v$ azione inerziale verticale

$G = G_1 + G_2 + \Psi_{2j} \cdot Q$ masse efficaci sismiche

7.9.4 Sovrappinte dinamiche del terreno

I valori delle spinte vengono computate automaticamente dai software secondo le metodologie seguenti, per ulteriori approfondimenti si rimanda direttamente al manuale d'uso.

7.9.4.1 Azioni inerziali masse

Le sovrappinte $\Delta S_{ah,E}$ sono calcolate in spinta attiva secondo il metodo di Mononome-Okabe:

$$\Delta S_{ah,E} = S_{ahE} - S_{ah}$$

$$S_{ah} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot H^2 \cdot K_a \quad \text{spinta attiva statica sulla parete}$$

$$S_{ahE} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot H^2 \cdot K_{aE} \quad \text{spinta attiva sismica sulla parete}$$

$$K_{aE} = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\rho + \delta) \cdot \text{sen}(\rho - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad \text{coeff. spinta att. sismica (M-O)}$$

K_a coefficiente di spinta attiva statico

$H^* = H + \Delta H$ altezza della parete di spinta dal fondo scavo

$\Delta H = 0$ incremento dell'altezza della parete di spinta dal fondo scavo

$\gamma^*(z)$ peso specifico del terreno

φ angolo attrito del terreno

δ attrito tra terreno e parete

$\psi = 90^\circ$ angolo tra parete di spinta e piano orizzontale

β angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

k_h coefficiente di amplificazione orizzontale

k_v coefficiente di amplificazione verticale

$\Theta = \arctan(k_h / (1 \pm k_v))$ terreni sopra falda $\gamma^* = \gamma_{sat}$

$\Theta = \arctan(k_h / (1 \pm k_v)) \cdot (\gamma_{sat} / (\gamma_{sat} - \gamma_w))$ terreni sotto falda $\gamma^* = \gamma'$

Restando a favore della sicurezza, la risultante $\Delta S_{ah,E}$ viene applicata su tutta l'altezza H^* come una pressione orizzontale distribuita $\Delta \sigma_{h,E}$ pari a:

$$\Delta \sigma_{h,E} = \Delta S_{ah,E} / H^*$$

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	83

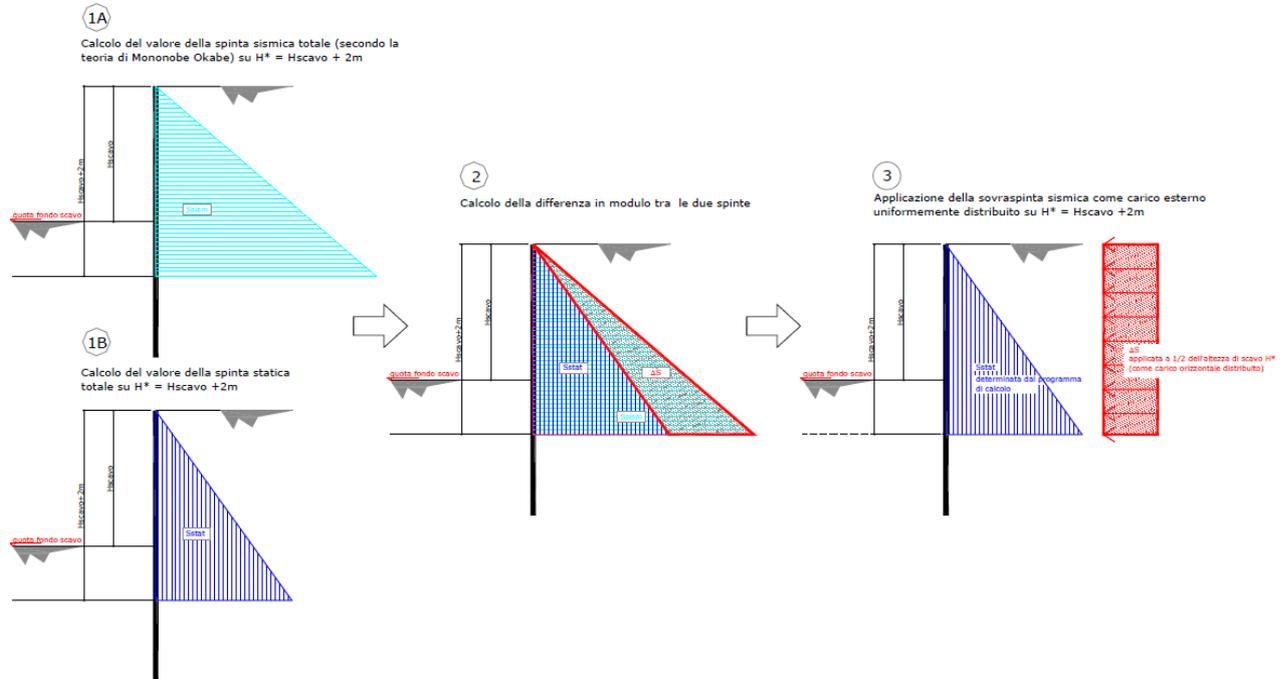


Figura 25 - Schema di calcolo sovraspinte dinamiche terreno

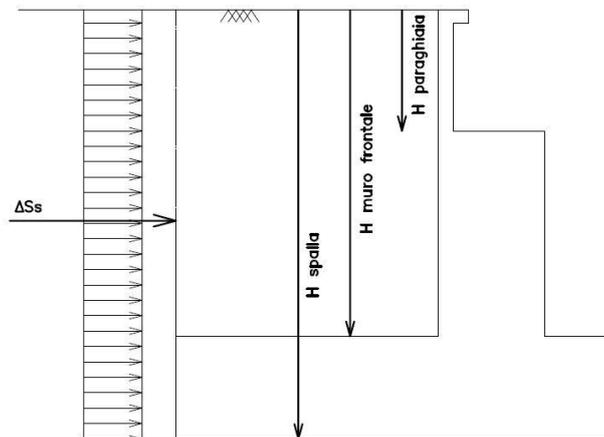


Figura 26: Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

7.9.4.2 Spinta attiva in Excel®

Si adotta la formulazione del metodo di Mononome-Okabe prima descritto.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	84

7.10 VARIAZIONI TERMICHE (Q₇)

Essendo le campate isostatiche, tale azione non rientra direttamente nel calcolo delle sottostrutture, ma viene inclusa indirettamente nelle valutazioni sulle azioni agli appoggi (escursioni ed attriti meccanici).

La variazione termica è definita secondo quanto riportato nel § 2.5.1.4.4.1 del “Manuale di progettazione delle opere civili parte II - sezione 2- ponti e strutture” che riprende il § 5.2.2.5.2 delle NTC08.

La variazione termica uniforme volumetrica da considerare per l’impalcato risulta $\pm 15^\circ$, ai fini della valutazione delle escursioni dei giunti e degli appoggi mobili viene incrementata del 50% per una variazione totale di calcolo di $\pm 22.5^\circ\text{C}$.

7.11 ATTRITO (Q₈)

Nome	Tipo	γ_E (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
ATTRITO PERM	Permanenti non strutturali	1.00 / 1.50	-	-	-
ATTRITO VAR	Variabili traffico ferroviario	EQU 0.00 / 1.45 (A1) 0.00 / 1.45 (A2) 0.00 / 1.25	0.80	0.50	0.00

Gli effetti dell’attrito sono valutati associando, in corrispondenza degli appoggi scorrevoli, alle reazioni verticali dovute a carichi permanenti (V_G) e quelle dovute a carichi accidentali (V_Q) le seguenti forze orizzontali in direzione longitudinale, dove il coefficiente di attrito $f = 3\%$.

$$Q_8 F_{a,G} = f \cdot (\sum V_{G,i})$$

$$Q_8 F_{a,Q} = f \cdot (\sum V_{Q,i})$$

Per le forze orizzontali associate ubicate ai singoli appoggi, vedi tabella scarichi impalcato.

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	85

7.12 SCARICHI AGLI APPOGGI

Dalle valutazioni sui carichi derivanti dagli impalcati in appoggio, effettuate mediante metodi semplificati e riportate nei capitoli precedenti per le varie tipologie di azione, si sono considerati i valori nominali degli scarichi riepilogati nella tabella seguente.

Tali scarichi sono stati confrontati rispetto alle calcolazioni di dettaglio effettuate mediante analisi FEM sui singoli impalcati, alle cui relazioni di calcolo si rimanda per ulteriori verifiche di confronto.

IMPALCATO CAP L=25m	Lato Appoggi Fissi											
	Appoggio 1 (M)			Appoggio 2 (F)			Appoggio 3 (F)			Appoggio 4 (M)		
	y (m)	x (m)	z (m)	y (m)	x (m)	z (m)	y (m)	x (m)	z (m)	y (m)	x (m)	z (m)
	0,00	-3,62	-0,60	0,00	-1,21	-0,60	0,00	1,21	-0,60	0,00	3,62	-0,60
Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	
[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
Permanenti												
G1 (peso proprio)	0	0	1075	0	0	475	0	0	475	0	0	1075
Ballast												
G2,1 (ballast)	0	0	325	0	0	500	0	0	500	0	0	325
Perm. non strutturali												
G2,2 (velette)	0	0	225	0	0	-138	0	0	-138	0	0	225
G2,3 (arredi)	0	0	425	0	0	-225	0	0	-225	0	0	425
G2,4 (barriere)	0	0	575	0	0	-325	0	0	-325	0	0	575
Q8 Fa,G (attrito)	79	0	0	9	0	0	9	0	0	79	0	0
Accidentali da traffico												
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	-15	0	0	253	0	0	520	0	0	788
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	788	0	0	520	0	0	253	0	0	-15
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	0	0	0	283	0	0	565	0	0	848
Q3,a B1-SW2 (avv)	0	0	0	-275	0	-20	1100	0	-40	0	0	-60
Q3,a B1-LM71 (avv)	0	0	0	-303	0	-22	1210	0	-44	0	0	-66
Q3,a B2-LM71 (avv)	0	0	-66	1210	0	-44	-303	0	-22	0	0	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	0	0	-292	0	-21	1167	0	-42	0	0	-63
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	0	0	-183	0	-13	733	0	-27	0	0	-40
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	0	-40	733	0	-27	-183	0	-13	0	0	0
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	-23	0	28	-8	0	28	8	0	0	23
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	-58	0	70	-19	0	70	19	0	0	58
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	-58	0	70	-19	0	70	19	0	0	58
Q5 B1-SW2 (serp)	0	0	-41	0	50	-14	0	50	14	0	0	41
Q5 B1-LM71 (serp)	0	0	-45	0	55	-15	0	55	15	0	0	45
Q5 B2-LM71 (serp)	0	0	-45	0	55	-15	0	55	15	0	0	45
Q8 Fa,Q (attrito)	24	0	0	16	0	0	17	0	0	25	0	0
Effetti ambientali												
Q6 (vento)	0	0	-29	0	117	25	0	117	78	0	0	132

Tabella 21 – Scarichi caratteristici agli appoggi della spalla fissa

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	86

SPALLA S1

SPALLA S2

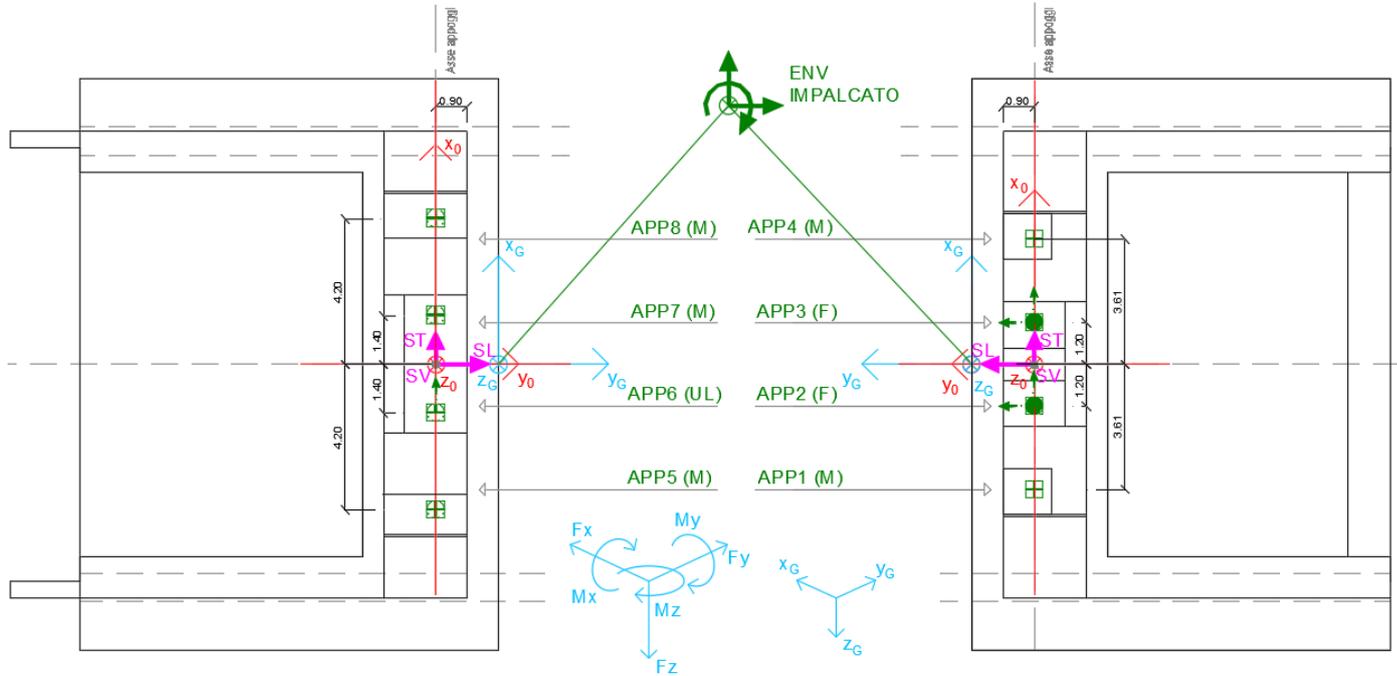


Figura 27- - Schema dei vincoli a terra impalcato

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	87

8. COMBINAZIONI DI CARICO

Le singole azioni elementari vengono combinate utilizzando i coefficienti parziali di sicurezza γ_i e i coefficienti di combinazione ψ_i di seguito riportati:

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

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

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	gr ₁	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽²⁾	0,0
Gruppi di carico	gr ₂	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽²⁾	-
	gr ₃	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽²⁾	0,0
	gr ₄	1,00	1,00 ⁽²⁾	0,0
	Azioni del vento	F _{wk}	0,60	0,50
Azioni da neve	in fase di esecuzione SLU e SLE	0,80 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0
Azioni termiche	T _k	0,60	0,60	0,50

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

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

Tabella 22 – Combinazioni di carico

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	88

8.1 COMBINAZIONI DI CARICO ADOTTATE

Per la determinazione degli effetti delle azioni da traffico si fa riferimento ai gruppi di carico da 1 a 4 secondo la tabella riportata di seguito:

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

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

Nel caso in esame, le azioni agenti sull'impalcato sono state combinate secondo i gruppi 1 e 3 che comportano le maggiori sollecitazioni per le strutture in elevazione e in fondazione.

Nella figura successiva vengono esplicitate le tipologie di combinazioni utilizzate:

- Tipo Comb
- 1 $1,35 \cdot Gk1 + 1,50 \cdot Gk2b + 1,35 \cdot Gk2v + 0,73 \cdot Qk3a, i + 0,73 \cdot Qk3f, i + 1,45 \cdot Qk4, i + 1,45 \cdot Qk5, i + 0,9 \cdot Qk6 + 1,45 \cdot Qk1, i + 1,35 \cdot Qk2g + 1,45 \cdot Qk2q$
 - 2 $1,35 \cdot Gk1 + 1,50 \cdot Gk2b + 1,35 \cdot Gk2v + 1,45 \cdot Qk3a, i + 1,45 \cdot Qk3f, i + 0,73 \cdot Qk4, i + 0,73 \cdot Qk5, i + 0,9 \cdot Qk6 + 1,45 \cdot Qk1, i + 1,35 \cdot Qk2g + 1,45 \cdot Qk2q$
 - 3 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 0,73 \cdot Qk3a, i + 0,73 \cdot Qk3f, i + 1,45 \cdot Qk4, i + 1,45 \cdot Qk5, i + 0,9 \cdot Qk6 + 1,45 \cdot Qk1, i + 1,35 \cdot Qk2g + 1,45 \cdot Qk2q$
 - 4 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 1,45 \cdot Qk3a, i + 1,45 \cdot Qk3f, i + 0,73 \cdot Qk4, i + 0,73 \cdot Qk5, i + 0,9 \cdot Qk6 + 1,45 \cdot Qk1, i + 1,35 \cdot Qk2g + 1,45 \cdot Qk2q$
 - 5 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 1,50 \cdot Qk6 + 1,00 \cdot Qk2g$
 - 6 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 1,00 \cdot Qk2g + 0,73 \cdot Qk2q$
 - 7 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 0,8 \cdot Qk3a, i + 0,8 \cdot Qk3f, i + 1,00 \cdot Qk4 + 1,00 \cdot Qk5 + 0,6 \cdot Qk6 + 1,00 \cdot Qk1 + 1,00 \cdot Qk2g + 1,00 \cdot Qk2q$
 - 8 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 1,00 \cdot Qk3a, i + 1,00 \cdot Qk3f, i + 0,8 \cdot Qk4 + 0,8 \cdot Qk5 + 0,6 \cdot Qk6 + 1,00 \cdot Qk1 + 1,00 \cdot Qk2g + 1,00 \cdot Qk2q$
 - 9 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 1,00 \cdot Qk6 + 1,00 \cdot Qk2g$
 - 10 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v$
 - 11 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 1,00 \cdot Qk2g$

Figura 28 - Tipologie di combinazioni di carico

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	89

NomeEnv:	TipoComb:	NumComb:	Comb:	Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio)	Gk2b Ballast-G2,1 (ballast)	Gk2v-Perm. non str. vari	Gk3a-Traffico 1	Gk3a-Traffico 2	Gk3a-Traffico 3	Gk3f-Traffico 1	Gk3f-Traffico 2	Gk3f-Traffico 3	Gk4-Traffico 1	Gk4-Traffico 2	Gk4-Traffico 3	Gk5-Traffico 1	Gk5-Traffico 2	Gk5-Traffico 3	Gk6 vento-Q6 (vento)	Gk1-Traffico 1	Gk1-Traffico 2	Gk1-Traffico 3	Gk2g attrito-Q8 Fa.G (attrito)	Gk2q attrito-Q8 Fa.Q (attrito)
SLU	1	1	SLU1	1,35	1,50	1,35	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	2	2	SLU2	1,35	1,50	1,35	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	1	3	SLU3	1,35	1,50	1,35	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	2	4	SLU4	1,35	1,50	1,35	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	1	5	SLU5	1,35	1,50	1,35	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	2	6	SLU6	1,35	1,50	1,35	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	3	7	SLU7	1,00	1,00	1,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	4	8	SLU8	1,00	1,00	1,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	3	9	SLU9	1,00	1,00	1,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	4	10	SLU10	1,00	1,00	1,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	3	11	SLU11	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	4	12	SLU12	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	5	13	SLU13	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
SLU	5	14	SLU14	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLU	5	15	SLU15	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
SLU	5	16	SLU16	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,50	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLU	6	17	SLU17	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,73
SLU	6	18	SLU18	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	-0,73
SLE RA	7	19	RA1	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	8	20	RA2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	7	21	RA3	1,00	1,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	8	22	RA4	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	7	23	RA5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	1,00	0,50
SLE RA	8	24	RA6	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,60	0,00	0,00	1,00	1,00	0,50
SLE RA	7	25	RA7	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	8	26	RA8	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	7	27	RA9	1,00	1,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	8	28	RA10	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	7	29	RA11	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	-1,00	-0,50
SLE RA	8	30	RA12	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,60	0,00	0,00	1,00	-1,00	-0,50
SLE RA	9	31	RA13	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE RA	9	32	RA14	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE RA	9	33	RA15	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE QP	10	34	QP1	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	11	35	QP2	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE QP	11	36	QP3	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00

Tabella 23 – Combinazioni di carico Spalla (fondazione ed elevazione)

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	91

	SLV								ECC										
	2 Barriere				1 Barriere				2 Barriere										
	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6	SLV7	SLV8	SLV9	SLV10	SLV11	SLV12	SLV13	SLV14	SLV15	SLV16	ECC1	ECC2	ECC3
1: PP soletta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2: PP muri laterali	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3: PPNS cordolo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4: PPNS massiciata	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5: PPNS Mz su mur pb da ballast	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6: PPNS massetto	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7: PPNS velette	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8: PPNS pb+caviddoti	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
9: PPNS parapetto	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10: PPNS 2 Barriere antinuomo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00
11: PPNS 1 Barriera antinuomo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12: ACC LM71_1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13: ACC LM71_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14: ACC LM71_3	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00
15: ACC SWI2	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00
16: ACC affollamento_1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17: ACC affollamento_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18: ECC deragliamenti c1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
19: ECC deragliamenti c1_1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20: ECC deragliamenti c2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21: ECC deragliamenti c2_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22: ACC Mz aerodin	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23: ACC Mz aerodin_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24: Taglio_aerodin_1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25: Taglio_aerodin_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26: Temp unif	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
27: Delta T2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
28: T unil nitro	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
29: SV Soletta	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,00	0,00	0,00
30: SV Muri laterali	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,00	0,00	0,00
31: SV Cordolo	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,00	0,00	0,00
32: SV Massiciata	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,00	0,00	0,00
33: SV Mz su mur pb da ballast	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,00	0,00	0,00
34: SV Massetto	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,00	0,00	0,00
35: SV Velette	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,00	0,00	0,00
36: SV PB + Caviddoti	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,00	0,00	0,00
37: SV Parapetto	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,00	0,00	0,00
38: SV 2 Barriere antinuomo	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39: SV 1 Barriera antinuomo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,00	0,00	0,00
40: ST Soletta	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
41: ST Muri laterali	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
42: ST Cordolo	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
43: ST Massiciata	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
44: ST Mz su mur pb da ballast	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
45: ST Massetto	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
46: ST Velette	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
47: ST PB + Caviddoti	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
48: ST Parapetto	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
49: ST 2 Barriere antinuomo	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50: ST 1 Barriera antinuomo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	SLE RA																																	
	2 Barriere																																	
	RA1	RA2	RA3	RA4	RA5	RA6	RA7	RA8	RA9	RA10	RA11	RA12	RA13	RA14	RA15	RA16	RA17	RA18	RA19	RA20	RA21	RA22	RA23	RA24	RA25	RA26	RA27	RA28	RA29	RA30	RA31	RA32	RA33	RA34
1: PP soletta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2: PP muri laterali	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3: PPNS cordolo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4: PPNS massiciata	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5: PPNS Mz su mur pb da ballast	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6: PPNS massetto	1,00	1,00																																

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	93

9. VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

9.1 ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO

9.1.1 Stati Limite Ultimi strutturali (SLU STR)

Come riportato al §2.3 delle NTC 2008, per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

$E_d = E(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d)$ Valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$R_d = R(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d)$ Valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

$Y_F \cdot F_k$ Azioni di progetto

X_k / Y_M Proprietà del materiale di progetto

a_d Geometria di progetto

Y_M Coefficiente parziale di sicurezza del materiale

9.1.1.1 Verifica a presso/tenso flessione

Come previsto al §4.1.2.1.2.4 delle [12] con riferimento alla generica sezione, la verifica di resistenza allo SLU si esegue controllando che:

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

M_{Rd} Valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed}

N_{Ed} Valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale)

M_{Ed} Valore di calcolo della componente flettente dell'azione

9.1.1.2 Verifica a taglio

Secondo quanto previsto §4.1.2.1.3 delle [12], indicato con V_{Ed} il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente allo SLU, si verifica in generale che risulti:

$$V_{Ed} < V_{Rd}$$

Elementi senza armature resistenti a taglio

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left(0.18 \cdot k \cdot \frac{\sqrt[3]{100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck}}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\} \quad \text{Resistenza di calcolo a taglio}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot \sqrt{k^3} \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02 \quad \text{Rapporto percentuale armatura in zona tesa } A_{sl}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 \cdot f_{cd} \quad \text{Tensione media di compressione nella sezione}$$

d Altezza utile della sezione (mm)

b_w Larghezza minima della sezione (mm)

Elementi provvisti di armature resistenti a taglio

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	94

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})$$

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\cot \alpha + \cot \theta)}{1 + \cot^2 \theta}$$

$$\theta$$

$$\cot \theta \leq 2.5)$$

α

A_{sw}

s

$$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$$

α_c

Resistenza di calcolo a taglio

Resistenza a taglio-trazione

Resistenza a taglio-compressione

Inclinazione puntoni di cls rispetto asse elemento ($1 \leq$

Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto asse elemento

Area dell'armatura trasversale

Interasse tra due armature trasversali consecutive

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

Coefficienti maggiorativi pari a:

1 per membrature non compresse

$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$ per $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 \cdot f_{cd}$

1.25 per $0.25 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < 0.50 \cdot f_{cd}$

$2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$ per $0.50 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < f_{cd}$

9.1.1.3 Verifica a punzonamento

In corrispondenza del collegamento tra setti, pilastri o pali di fondazione ed elementi piani (plinti, solette) si hanno sollecitazioni concentrate, con meccanismo resistente a taglio in condizioni di rottura SLU dipendente dalla geometria locale tra i due elementi e le loro condizioni al contorno.

Le verifiche a taglio-punzonamento vengono eseguite in accordo con le UNI EN 1992-1-1: 2005, dove il taglio sollecitante unitario v_{Ed} si assume distribuito sul perimetro u_i del cono di rottura:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d}$$

β coeff. posizioni reciproche tra aree di carico (pilastro interno 1.15, spigolo 1.50, bordo 1.40)

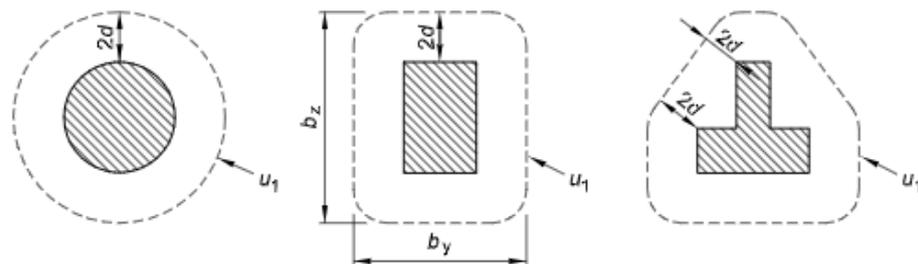
V_{Ed} azione sollecitante di progetto

u_i perimetro della sezione di verifica

$d = \frac{d_y + d_z}{2}$ altezza utile della sezione

d_y, d_z altezze utili delle armature disposte nelle due direzioni principali

figura 6.13 Perimetri di verifica di base tipici intorno ad aree caricate



VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	95

figura 6.15 Perimetro di verifica di base per aree caricate in prossimità di bordi o di angoli

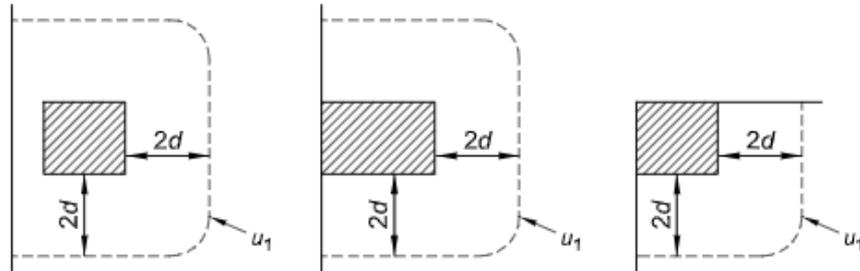


Figura 31 - Schemi aree di carico per diverse geometrie

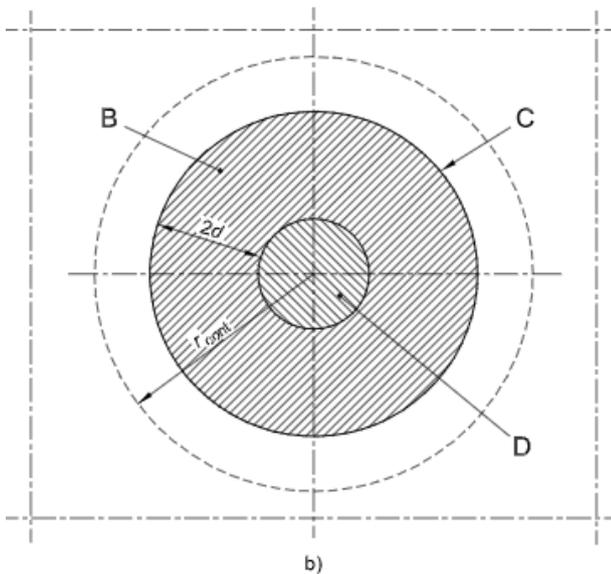
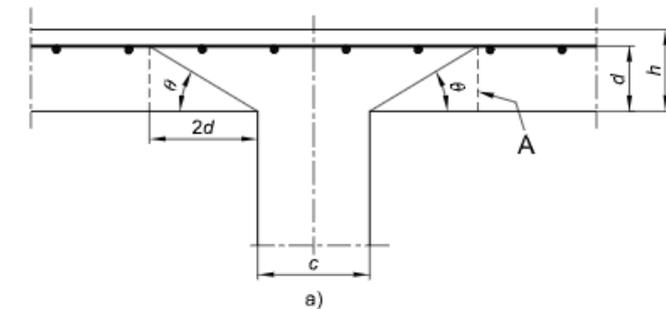


figura 6.12 Modello di verifica a punzonamento allo stato limite ultimo

Legenda

- a) Sezione
- b) Pianta
- A Sezione di base per la verifica
- B Area di verifica di base A_{cont}
- C Perimetro di verifica di base, u_1
- D Area caricata A_{load}
- r_{cont} Ulteriore perimetro di verifica
- $\theta = \arctan(1/2)$
 $= 26,6^\circ$

Figura 32 – Modello di verifica a punzonamento SLU

Per un elemento a piastra e lungo le sezioni di verifica considerate, si definiscono le seguenti resistenze di progetto a taglio-punzonamento:

$$V_{Rd,c} = \max \left(C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}; V_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \quad \text{per piastra senza armature a punzonamento}$$

$$V_{Rd,cs} = 0.75 \cdot V_{Rd,c} + 1.5 \cdot \left(\frac{d}{s_r} \right) \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{1}{u_1 \cdot d} \cdot \sin \alpha \quad \text{per piastra con armature a punzonamento}$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	96

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

valore massimo assoluto

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}$$

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

$$\rho_1 = \min \left(\sqrt{\rho_{1y} \cdot \rho_{1z}}; 0.02 \right)$$

ρ_{1y}, ρ_{1z}

percentuale di armatura longitudinale nelle due direzioni principali

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{cy} + \sigma_{cz}}{2}$$

$$\sigma_{c,y} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}}, \quad \sigma_{c,z} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}}$$

tensioni normali nelle due direzioni principali

$N_{Ed,y}, N_{Ed,z}$

azioni normali nelle due direzioni principali

A_{cy}, A_{cz}

aree delle due direzioni principali

$$v_{min} = 0.035 \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}}$$

$$k_1 = 0.1$$

(annesso italiano all'Eurocodice)

s_r

passo radiale perimetri di armatura a taglio-punzonamento

A_{sw}

area armatura a taglio-punzonamento all'interno del perimetro di verifica

$$f_{ywd,ef} = \min(f_{ywd}; 250 + 0.25 \cdot d)$$

resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento

α

angolo compreso tra l'armatura a taglio e il piano della piastra

La verifica da effettuare lungo il perimetro del pilastro u_0 , descritto dall'area caricata A_{load} , è la seguente:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

u_0	= sviluppo del perimetro pilastro	pilastro interno
	= $c_2 + 3d \leq c_2 + 2 \cdot c_1$	pilastro di bordo
	= $3d \leq c_1 + c_2$	pilastro d'angolo

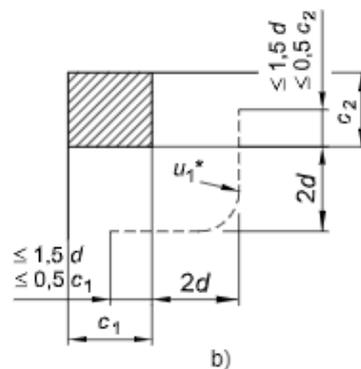
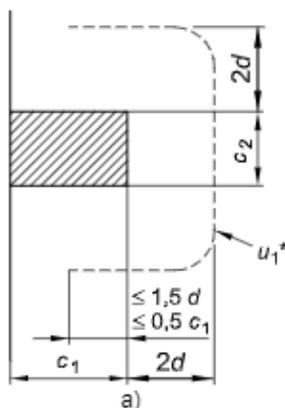


figura 6.20

Perimetro di verifica equivalente u_1 .

Legenda

- a) Pilastro di bordo
- b) Pilastro d'angolo

Figura 33 – Geometria dei perimetri pilastri per elementi d'angolo e di bordo

Le verifiche da effettuare lungo il perimetro di base u_1 sono le seguenti:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} \quad \text{piastra senza armature a taglio-punzonamento}$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,cs} \quad \text{piastra con armature a taglio-punzonamento}$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	97

9.1.2 Stati Limite Ultimi di esercizio (SLE STR, SLD)

9.1.2.1 Limiti tensionali in esercizio

Come riportato al §6.2.4.3 e §5.1.4.2 delle NTC 2008, la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale. Si dovrà verificare che sia:

$$E_d \leq C_d$$

$$E_d = E(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d) \quad \text{Valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione}$$

$$C_d = C(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d) \quad \text{Valore nominale o funzione di certe proprietà dei materiali legate agli effetti progettuali delle azioni considerate}$$

Le verifiche si risolvono nel controllare che i valori di tensione nei materiali siano inferiori ai valori limite delle tensioni riportati al paragrafo 2.5.1.8.3.2.1 del MdP ITF:

	Combinazione quasi permanente	$\sigma_c < 0.40 \cdot f_{ck}$
Acciaio teso	Combinazione rara	$\sigma_s < 0.75 \cdot f_{yk}$

9.1.2.2 Verifiche agli Stati Limite di Fessurazione

Viene eseguita la verifica allo stato limite di apertura delle fessure con riferimento al §4.1.2.2.4 delle NTC 2008. Prima di procedere alle verifiche a fessurazione è necessario definire delle apposite combinazioni di carico ed effettuare una valutazione relativa al grado di protezione delle armature metalliche contro la corrosione (in termini di condizioni ambientali e sensibilità delle armature stesse alla corrosione). Si distinguono i seguenti casi:

Combinazioni di azioni	Rara (RA) Quasi Permanente (QP)
Condizioni ambientali	Ordinarie (Gruppo A) Aggressive (Gruppo B) Molto aggressive (Gruppo C)
Sensibilità delle armature alla corrosione	Sensibili (acciai da precompresso) Poco sensibili (acciai ordinari)
Stato limite	Apertura fessure (AF) Formazione fessure (FF) Decompressione (D)
Apertura delle fessure	$w_1 = 0.20 \text{ mm}$ $w_2 = 0.30 \text{ mm}$ $w_3 = 0.40 \text{ mm}$

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 24 - Condizioni ambientali e classi di esposizione secondo NTC 2008

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	98

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_k	Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Tabella 25 - Stati limite di fessurazione secondo NTC 2008

Il calcolo, condotto con riferimento alla procedura analitica prevista al §C4.1.2.2.4 del [15], prevede i seguenti passaggi:

- Valutazione della distanza media tra le fessure (Δ_{sm});
- Valutazione della deformazione media delle barre d'armatura (ε_{sm});
- Valutazione dell'ampiezza delle fessure (valore medio w_m e valore di calcolo w_k).

Come riportato al paragrafo 2.5.1.8.3.2.4 del MdP ITF, la verifica allo stato limite di apertura delle fessure viene calcolata con la combinazione caratteristica (rara) nei riguardi dello stato limite di esercizio. I limiti per l'apertura convenzionale delle fessure vengono valutati secondo le condizioni ambientali della struttura.

La verifica dell'ampiezza di fessurazione può anche essere condotta senza calcolo diretto, limitando la tensione di trazione nell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, ad un massimo correlato al diametro delle barre ed alla loro spaziatura. Si distinguono i seguenti casi:

Elemento strutturale	Classi di esposizione	Gruppo di esigenza	Condizioni ambientali	Combinaz. di azioni	Stato limite	w_k
Elevazioni	XC4 – XS1	B	Aggressive	RA	AF	$\leq w_1 = 0.20 \text{ mm}$
Fondazioni	XC2	A	Ordinarie	RA	AF	$\leq w_2 = 0.30 \text{ mm}$

Tabella 26 – Riepilogo stati limite di fessurazione di verifica

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	99

10. MODELLO DI CALCOLO

Per il dimensionamento delle strutture di spalla sono stati adottati i seguenti diversi modelli di calcolo:

- 1) modello generale della spalla, implementato in un foglio di calcolo Excel, specifico per ricavare le sollecitazioni globali sulle fondazioni partendo dagli scarichi appoggi dell'impalcato; sono considerati i pesi propri degli elementi strutturali, del terreno di riempimento della spalla, le spinte del terreno di rilevato e, in condizioni sismiche, le masse, secondo le ipotesi illustrate nell'analisi dei carichi; il solettone di fondazione viene considerato come una piastra rigida su pali;
 - a. modello locale del muro frontale, implementato in un foglio di calcolo Excel, considerando uno schema strutturale di mensola incastrata alla base;
 - b. modello locale del paraghiaia, implementato in un foglio di calcolo Excel, considerando uno schema strutturale di mensola incastrata alla base;
 - c. modello locale in direzione longitudinale della fondazione, implementato in un foglio di calcolo Excel, dove vengono calcolate le sollecitazioni del plinto in direzione longitudinale a partire dagli scarichi sui pali, desunti dalla relazione geotecnica;
- 2) modello trasversale della spalla, implementato come un telaio piano e discretizzato con un modello agli elementi finiti, dove vengono valutate le sollecitazioni in direzione trasversale del solettone, dei muri laterali e del plinto in direzione trasversale;
- 3) modello locale del muro posteriore di chiusura della struttura scatolare della spalla, implementato come un telaio piano e discretizzato con un modello agli elementi finiti;

Per il terreno di riempimento si considera lo standard per rilevati ferroviari e si assegnano le seguenti caratteristiche meccaniche:

Parametri Geotecnici		
γ	ϕ'	c'
[kN/m ³]	[°]	[kPa]
20	38	0

Tabella 27 – Parametri geotecnici terreno di riempimento

Tutte le azioni e le combinazioni di carico considerate per le verifiche strutturali e geotecniche sono state sviluppate nell'ipotesi A1-M1.

10.1.1 Condizioni statiche

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali della spalla sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta.

Si deve notare che essendo presente una fondazione su pali si ipotizza che la spalla sia impedita di traslare rispetto al terreno; pertanto, la spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta in quiete k_0 .

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante sulla spalla e tergo di essa, si considera un carico uniformemente distribuito di lunghezza indefinita con valore equivalente pari ad entrambi i binari caricati con dei modelli di carico LM71, non amplificato per il coefficiente dinamico.

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	100

10.1.2 Condizioni sismiche

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovraspinta sismica viene calcolata con la teoria di Mononome-Okabe con $\beta_m = 1.00$, in quanto si considera la spalla debolmente deformabile in condizione sismica.

In fase sismica si considerano inoltre le azioni orizzontali e verticali dovute all'inerzia delle parti in calcestruzzo e del rinterro compreso tra i muri andatori.

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	101

11. ANALISI GENERALE SPALLA FISSA S2

11.1 AZIONE IMPALCATI

Mediante l'ausilio di un foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali (G_{k1}), non strutturali (G_{k2}) e accidentali (Q_{ki}) derivanti dagli scarichi degli impalcati in appoggio, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze F_x (trasversali), F_y (longitudinali), F_z (verticali) e momenti M_x (longitudinali), M_y (trasversali), M_z (torcenti) rispetto al punto G, posto al centro della elevazione spalla, secondo lo schema di riferimento, a quota estradosso muro frontale, e i rispettivi assi x, y, z come riportato nella figura seguente.

SPALLA S2

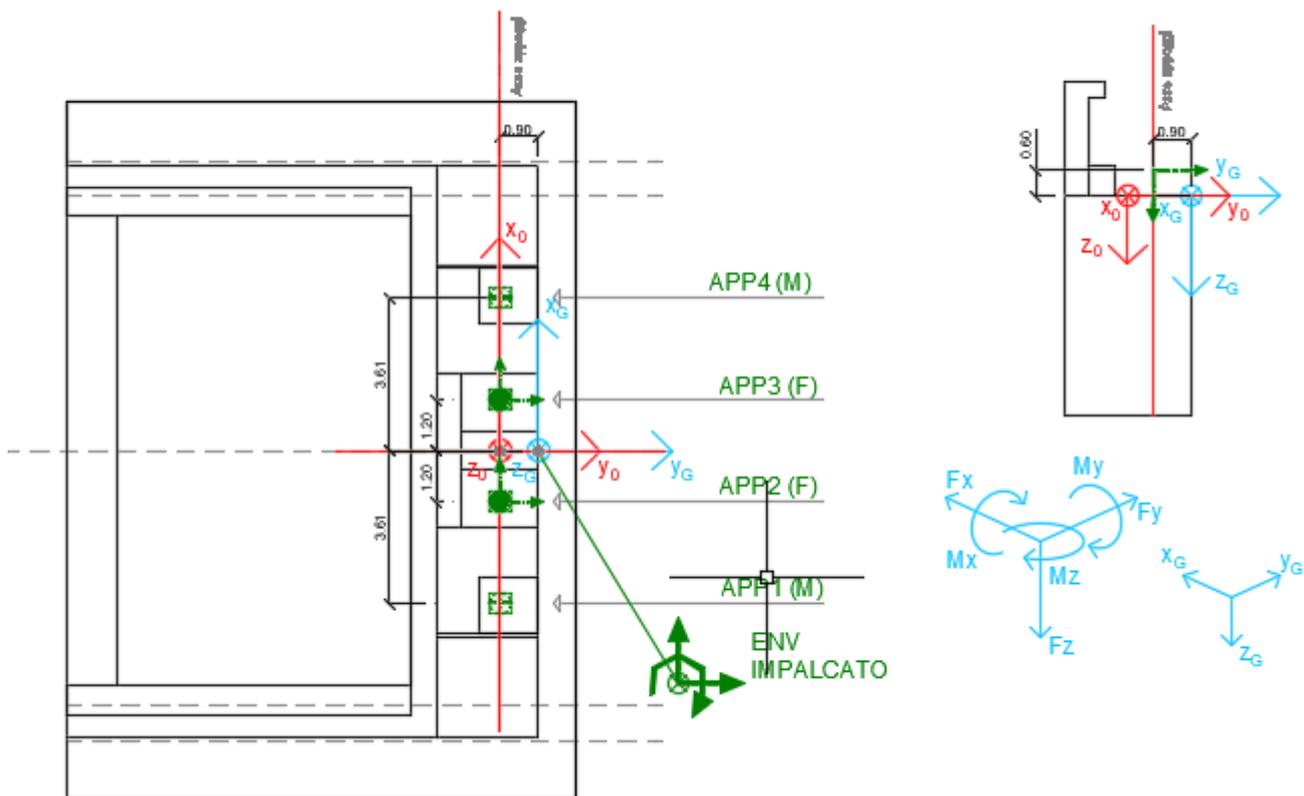


Figura 34 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	102

NOME: SPALLA 2		CALCOLO AZIONI DA IMPALCATO														
LATO APPOGGI FISSI (IMPALCATO CAP L=25m)																
APPOGGIO 1 (M)	F _{x0} (kN)	F _{y0} (kN)	F _{z0} (kN)	x ₀ (m)	y ₀ (m)	z ₀ (m)	M _{x0} (kNm)	M _{y0} (kNm)	M _{z0} (kNm)	F _{xG} (m)	F _{yG} (m)	F _{zG} (m)	M _{xG} (kNm)	M _{yG} (kNm)	M _{zG} (kNm)	
G1 (peso proprio)	0	0	1075	-3,62	0,00	-0,60	0	3887	0	0	0	0	1075	-968	3887	0
G2,1 (ballast)	0	0	325	-3,62	0,00	-0,60	0	1175	0	0	0	0	325	-293	1175	0
G2,2 (velette)	0	0	225	-3,62	0,00	-0,60	0	813	0	0	0	0	225	-203	813	0
G2,3 (arredi)	0	0	425	-3,62	0,00	-0,60	0	1536	0	0	0	0	425	-383	1536	0
G2,4 (barriere)	0	0	575	-3,62	0,00	-0,60	0	2079	0	0	0	0	575	-518	2079	0
Q3,a B1-SW2 (aw)	0	0	0	-3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,a B1-LM71 (aw)	0	0	0	-3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,a B2-LM71 (aw)	0	0	-66	-3,62	0,00	-0,60	0	-237	0	0	0	0	-66	59	-237	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	0	0	-3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	0	0	-3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	0	-40	-3,62	0,00	-0,60	0	-144	0	0	0	0	-40	36	-144	0
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	-23	-3,62	0,00	-0,60	0	-83	0	0	0	0	-23	21	-83	0
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	-58	-3,62	0,00	-0,60	0	-208	0	0	0	0	-58	52	-208	0
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	-58	-3,62	0,00	-0,60	0	-208	0	0	0	0	-58	52	-208	0
Q5 B1-SW2 (serp)	0	0	-41	-3,62	0,00	-0,60	0	-149	0	0	0	0	-41	37	-149	0
Q5 B1-LM71 (serp)	0	0	-45	-3,62	0,00	-0,60	0	-164	0	0	0	0	-45	41	-164	0
Q5 B2-LM71 (serp)	0	0	-45	-3,62	0,00	-0,60	0	-164	0	0	0	0	-45	41	-164	0
Q6 (vento)	0	0	-29	-3,62	0,00	-0,60	0	-106	0	0	0	0	-29	26	-106	0
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	-15	-3,62	0,00	-0,60	0	-56	0	0	0	0	-15	14	-56	0
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	788	-3,62	0,00	-0,60	0	2850	0	0	0	0	788	-709	2850	0
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	0	-3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q8 Fa,G (attrito)	0	79	0	-3,62	0,00	-0,60	47	0	-285	0	79	0	47	0	-285	0
Q8 Fa,Q (attrito)	0	24	0	-3,62	0,00	-0,60	14	0	-85	0	24	0	14	0	-85	0
APPOGGIO 2 (F)	F _{x0} (kN)	F _{y0} (kN)	F _{z0} (kN)	x ₀ (m)	y ₀ (m)	z ₀ (m)	M _{x0} (kNm)	M _{y0} (kNm)	M _{z0} (kNm)	F _{xG} (m)	F _{yG} (m)	F _{zG} (m)	M _{xG} (kNm)	M _{yG} (kNm)	M _{zG} (kNm)	
G1 (peso proprio)	0	0	475	-1,21	0,00	-0,60	0	573	0	0	0	0	475	-428	573	0
G2,1 (ballast)	0	0	500	-1,21	0,00	-0,60	0	603	0	0	0	0	500	-450	603	0
G2,2 (velette)	0	0	-138	-1,21	0,00	-0,60	0	-166	0	0	0	0	-138	124	-166	0
G2,3 (arredi)	0	0	-225	-1,21	0,00	-0,60	0	-271	0	0	0	0	-225	203	-271	0
G2,4 (barriere)	0	0	-325	-1,21	0,00	-0,60	0	-392	0	0	0	0	-325	293	-392	0
Q3,a B1-SW2 (aw)	0	-275	-20	-1,21	0,00	-0,60	-165	-24	331	0	-275	-20	-147	-24	331	0
Q3,a B1-LM71 (aw)	0	-303	-22	-1,21	0,00	-0,60	-182	-26	365	0	-303	-22	-162	-26	365	0
Q3,a B2-LM71 (aw)	0	1210	-44	-1,21	0,00	-0,60	726	-53	-1458	0	1210	-44	765	-53	-1458	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	-292	-21	-1,21	0,00	-0,60	-175	-25	351	0	-292	-21	-156	-25	351	0
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	-183	-13	-1,21	0,00	-0,60	-110	-16	221	0	-183	-13	-98	-16	221	0
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	733	-27	-1,21	0,00	-0,60	440	-32	-884	0	733	-27	464	-32	-884	0
Q4 B1-SW2 (centr)	28	0	-8	-1,21	0,00	-0,60	0	-26	0	28	0	-8	7	-26	25	0
Q4 B1-LM71 (centr)	70	0	-19	-1,21	0,00	-0,60	0	-65	0	70	0	-19	17	-65	63	0
Q4 B2-LM71 (centr)	70	0	-19	-1,21	0,00	-0,60	0	-65	0	70	0	-19	17	-65	63	0
Q5 B1-SW2 (serp)	50	0	-14	-1,21	0,00	-0,60	0	-47	0	50	0	-14	12	-47	45	0
Q5 B1-LM71 (serp)	55	0	-15	-1,21	0,00	-0,60	0	-51	0	55	0	-15	14	-51	50	0
Q5 B2-LM71 (serp)	55	0	-15	-1,21	0,00	-0,60	0	-51	0	55	0	-15	14	-51	50	0
Q6 (vento)	117	0	25	-1,21	0,00	-0,60	0	-40	0	117	0	25	-22	-40	105	0
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	253	-1,21	0,00	-0,60	0	304	0	0	0	253	-227	304	0	0
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	520	-1,21	0,00	-0,60	0	627	0	0	0	520	-468	627	0	0
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	283	-1,21	0,00	-0,60	0	340	0	0	0	283	-254	340	0	0
Q8 Fa,G (attrito)	0	9	0	-1,21	0,00	-0,60	5	0	-10	0	9	0	5	0	-10	0
Q8 Fa,Q (attrito)	0	16	0	-1,21	0,00	-0,60	9	0	-19	0	16	0	9	0	-19	0
APPOGGIO 3 (F)	F _{x0} (kN)	F _{y0} (kN)	F _{z0} (kN)	x ₀ (m)	y ₀ (m)	z ₀ (m)	M _{x0} (kNm)	M _{y0} (kNm)	M _{z0} (kNm)	F _{xG} (m)	F _{yG} (m)	F _{zG} (m)	M _{xG} (kNm)	M _{yG} (kNm)	M _{zG} (kNm)	
G1 (peso proprio)	0	0	475	1,21	0,00	-0,60	0	-573	0	0	0	0	475	-428	-573	0
G2,1 (ballast)	0	0	500	1,21	0,00	-0,60	0	-603	0	0	0	0	500	-450	-603	0
G2,2 (velette)	0	0	-138	1,21	0,00	-0,60	0	166	0	0	0	0	-138	124	166	0
G2,3 (arredi)	0	0	-225	1,21	0,00	-0,60	0	271	0	0	0	0	-225	203	271	0
G2,4 (barriere)	0	0	-325	1,21	0,00	-0,60	0	392	0	0	0	0	-325	293	392	0
Q3,a B1-SW2 (aw)	0	1100	-40	1,21	0,00	-0,60	660	48	1326	0	1100	-40	696	48	1326	0
Q3,a B1-LM71 (aw)	0	1210	-44	1,21	0,00	-0,60	726	53	1458	0	1210	-44	765	53	1458	0
Q3,a B2-LM71 (aw)	0	-303	-22	1,21	0,00	-0,60	-182	26	-365	0	-303	-22	-162	26	-365	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	1167	-42	1,21	0,00	-0,60	700	51	1406	0	1167	-42	738	51	1406	0
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	733	-27	1,21	0,00	-0,60	440	32	884	0	733	-27	464	32	884	0
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	-183	-13	1,21	0,00	-0,60	-110	16	-221	0	-183	-13	-98	16	-221	0
Q4 B1-SW2 (centr)	28	0	8	1,21	0,00	-0,60	0	-26	0	28	0	8	-7	-26	25	0
Q4 B1-LM71 (centr)	70	0	19	1,21	0,00	-0,60	0	-65	0	70	0	19	-17	-65	63	0
Q4 B2-LM71 (centr)	70	0	19	1,21	0,00	-0,60	0	-65	0	70	0	19	-17	-65	63	0
Q5 B1-SW2 (serp)	50	0	14	1,21	0,00	-0,60	0	-47	0	50	0	14	-12	-47	45	0
Q5 B1-LM71 (serp)	55	0	15	1,21	0,00	-0,60	0	-51	0	55	0	15	-14	-51	50	0
Q5 B2-LM71 (serp)	55	0	15	1,21	0,00	-0,60	0	-51	0	55	0	15	-14	-51	50	0
Q6 (vento)	117	0	78	1,21	0,00	-0,60	0	-165	0	117	0	78	-71	-165	105	0
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	520	1,21	0,00	-0,60	0	-627	0	0	0	520	-468	-627	0	0
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	253	1,21	0,00	-0,60	0	-304	0	0	0	253	-227	-304	0	0
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	565	1,21	0,00	-0,60	0	-681	0	0	0	565	-509	-681	0	0
Q8 Fa,G (attrito)	0	9	0	1,21	0,00	-0,60	5	0	10	0	9	0	5	0	10	0
Q8 Fa,Q (attrito)	0	17	0	1,21	0,00	-0,60	10	0	20	0	17	0	10	0	20	0

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	103

APPOGGIO 4 (M)	F _{x0} (kN)	F _{y0} (kN)	F _{z0} (kN)	x ₀ (m)	y ₀ (m)	z ₀ (m)	M _{x0} (kNm)	M _{y0} (kNm)	M _{z0} (kNm)	F _{xG} (m)	F _{yG} (m)	F _{zG} (m)	M _{xG} (kNm)	M _{yG} (kNm)	M _{zG} (kNm)
G1 (peso proprio)	0	0	1075	3,62	0,00	-0,60	0	-3887	0	0	0	1075	-968	-3887	0
G2,1 (ballast)	0	0	325	3,62	0,00	-0,60	0	-1175	0	0	0	325	-293	-1175	0
G2,2 (velette)	0	0	225	3,62	0,00	-0,60	0	-813	0	0	0	225	-203	-813	0
G2,3 (arredi)	0	0	425	3,62	0,00	-0,60	0	-1536	0	0	0	425	-383	-1536	0
G2,4 (barriere)	0	0	575	3,62	0,00	-0,60	0	-2079	0	0	0	575	-518	-2079	0
Q3,a B1-SW2 (aw)	0	0	-60	3,62	0,00	-0,60	0	216	0	0	0	-60	54	216	0
Q3,a B1-LM71 (aw)	0	0	-66	3,62	0,00	-0,60	0	237	0	0	0	-66	59	237	0
Q3,a B2-LM71 (aw)	0	0	0	3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	0	-63	3,62	0,00	-0,60	0	229	0	0	0	-63	57	229	0
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	0	-40	3,62	0,00	-0,60	0	144	0	0	0	-40	36	144	0
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	0	0	3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	23	3,62	0,00	-0,60	0	-83	0	0	0	23	-21	-83	0
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	58	3,62	0,00	-0,60	0	-208	0	0	0	58	-52	-208	0
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	58	3,62	0,00	-0,60	0	-208	0	0	0	58	-52	-208	0
Q5 B1-SW2 (serp)	0	0	41	3,62	0,00	-0,60	0	-149	0	0	0	41	-37	-149	0
Q5 B1-LM71 (serp)	0	0	45	3,62	0,00	-0,60	0	-164	0	0	0	45	-41	-164	0
Q5 B2-LM71 (serp)	0	0	45	3,62	0,00	-0,60	0	-164	0	0	0	45	-41	-164	0
Q6 (vento)	0	0	132	3,62	0,00	-0,60	0	-478	0	0	0	132	-119	-478	0
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	788	3,62	0,00	-0,60	0	-2850	0	0	0	788	-709	-2850	0
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	-15	3,62	0,00	-0,60	0	56	0	0	0	-15	14	56	0
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	848	3,62	0,00	-0,60	0	-3064	0	0	0	848	-763	-3064	0
Q8 Fa,G (attrito)	0	79	0	3,62	0,00	-0,60	47	0	285	0	79	0	47	0	285
Q8 Fa,Q (attrito)	0	25	0	3,62	0,00	-0,60	15	0	92	0	25	0	15	0	92

Tabella 28 - Riepilogo azioni elementari derivanti dagli scarichi degli impalcati

Tipo azione	Descrizione azione	V _{trav}		N _{vert}	M _{long}		M _{trav}	M _{torc}
		F _x [kN]	F _y [kN]		F _z [kN]	M _x [kNm]		
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	3101	-2791	0	0	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	0	0	1650	-1485	0	0	0
Gk2v	G2,2 (arredi vari)	0	0	1075	-968	0	0	0
Qk3a Avviamento	Traffico 1	0	908	-131	663	264	1823	
	Traffico 2	0	825	-119	602	240	1657	
	Traffico 3	0	825	-119	602	240	1657	
Qk3f Frenatura	Traffico 1	0	550	-80	402	-160	-1105	
	Traffico 2	0	550	-80	402	-160	-1105	
	Traffico 3	0	875	-127	639	254	1757	
Qk4 Centrifuga	Traffico 1	279	0	0	0	-1094	251	
	Traffico 2	195	0	0	0	-765	176	
	Traffico 3	56	0	0	0	-218	50	
Qk5 Serpeggio	Traffico 1	220	0	0	0	-861	198	
	Traffico 2	210	0	0	0	-822	189	
	Traffico 3	100	0	0	0	-391	90	
Qk6 vento	Q6 (vento)	234	0	206	-186	-789	211	
Qk1 Treno	Traffico 1	0	0	3092	-2783	0	0	
	Traffico 2	0	0	3241	-2917	-176	0	
	Traffico 3	0	0	1695	-1526	-3404	0	
Qk2g attrito	Q8 Fa,G (attrito)	0	175	0	105	0	0	
Qk2q attrito	Q8 Fa,Q (attrito)	0	82	0	49	0	8	

Tabella 29 - Risultanti azioni elementari al centro dell'elevazione G (quota estradosso muro frontale)

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	104

NomeEnv:	TipoComb:	NumComb:	Comb:	Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio)	Gk2b Ballast-G2,1 (ballast)	Gk2v-Perm. non str. vari	Gk3a-Traffico 1	Gk3a-Traffico 2	Gk3a-Traffico 3	Gk3f-Traffico 1	Gk3f-Traffico 2	Gk3f-Traffico 3	Gk4-Traffico 1	Gk4-Traffico 2	Gk4-Traffico 3	Gk5-Traffico 1	Gk5-Traffico 2	Gk5-Traffico 3	Gk6 vento-Q6 (vento)	Gk1-Traffico 1	Gk1-Traffico 2	Gk1-Traffico 3	Gk2g attrito-Q8 Fa.G (attrito)	Gk2q attrito-Q8 Fa.Q (attrito)
SLU	1	1	SLU1	1,35	1,50	1,35	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	2	2	SLU2	1,35	1,50	1,35	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	1	3	SLU3	1,35	1,50	1,35	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	2	4	SLU4	1,35	1,50	1,35	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	1	5	SLU5	1,35	1,50	1,35	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	2	6	SLU6	1,35	1,50	1,35	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	3	7	SLU7	1,00	1,00	1,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	4	8	SLU8	1,00	1,00	1,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	3	9	SLU9	1,00	1,00	1,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	4	10	SLU10	1,00	1,00	1,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	3	11	SLU11	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	4	12	SLU12	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	5	13	SLU13	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
SLU	5	14	SLU14	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLU	5	15	SLU15	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
SLU	5	16	SLU16	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,50	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLU	6	17	SLU17	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,73
SLU	6	18	SLU18	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	-0,73
SLE RA	7	19	RA1	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	8	20	RA2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	7	21	RA3	1,00	1,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	8	22	RA4	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	7	23	RA5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	1,00	0,50
SLE RA	8	24	RA6	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,60	0,00	0,00	1,00	1,00	0,50
SLE RA	7	25	RA7	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	8	26	RA8	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	7	27	RA9	1,00	1,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	8	28	RA10	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	7	29	RA11	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	-1,00	-0,50
SLE RA	8	30	RA12	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,60	0,00	0,00	1,00	-1,00	-0,50
SLE RA	9	31	RA13	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE RA	9	32	RA14	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE RA	9	33	RA15	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE QP	10	34	QP1	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	11	35	QP2	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE QP	11	36	QP3	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00

Tabella 30 – Combinazioni di carico adottate

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	105

INVILUPPO: SLU		N _{vert}	V _{trasv}	M _{trasv}	V _{long}	M _{long}	M _{torc}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N _{vert} Max	SLU3	12853	798	-3207	1351	-10757	1131
N _{vert} Min	SLU15	5517	-351	1184	175	-4860	-316
V _{trasv} Max	SLU7	10342	935	-3469	1411	-8461	1374
V _{trasv} Min	SLU16	5517	-351	1184	-175	-5070	-316
M _{trasv} Max	SLU15	5517	-351	1184	175	-4860	-316
M _{trasv} Min	SLU5	10578	436	-6171	1587	-8568	2880
V _{long} Max	SLU12	8113	324	-5371	2819	-5610	5253
V _{long} Min	SLU18	5826	0	0	-234	-5384	-6
M _{long} Max	SLU15	5517	-351	1184	175	-4860	-316
M _{long} Min	SLU3	12853	798	-3207	1351	-10757	1131
M _{torc} Max	SLU12	8113	324	-5371	2819	-5610	5253
M _{torc} Min	SLU16	5517	-351	1184	-175	-5070	-316

Tabella 31 – ENV SLU - Azioni totali involuppo

INVILUPPO: SLE RA		N _{vert}	V _{trasv}	M _{trasv}	V _{long}	M _{long}	M _{torc}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N _{vert} Max	RA3	9031	546	-2172	1356	-7314	941
N _{vert} Min	RA14	5620	-234	789	-175	-5163	-211
V _{trasv} Max	RA1	8873	640	-2345	1422	-7132	1158
V _{trasv} Min	RA14	5620	-234	789	-175	-5163	-211
M _{trasv} Max	RA14	5620	-234	789	-175	-5163	-211
M _{trasv} Min	RA11	7448	296	-4091	1144	-6017	2994
V _{long} Max	RA6	7399	265	-3871	1916	-5510	3657
V _{long} Min	RA14	5620	-234	789	-175	-5163	-211
M _{long} Max	RA15	5826	0	0	256	-5090	8
M _{long} Min	RA9	9031	546	-2172	844	-7622	925
M _{torc} Max	RA6	7399	265	-3871	1916	-5510	3657
M _{torc} Min	RA14	5620	-234	789	-175	-5163	-211
INVILUPPO: SLE QP		N _{vert}	V _{trasv}	M _{trasv}	V _{long}	M _{long}	M _{torc}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N _{vert} Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
N _{vert} Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0
V _{trasv} Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
V _{trasv} Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0
M _{trasv} Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
M _{trasv} Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	106

V _{long} Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
V _{long} Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0
M _{long} Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
M _{long} Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0
M _{torc} Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
M _{torc} Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0

Tabella 32 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali involuppo

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	107

11.2 SOLLECITAZIONI ELEVAZIONE

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali (G_{k1}), non strutturali (G_{k2}) e accidentali (Q_{ki}) applicate all'elevazione spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi, combinandole opportunamente con gli involuppi di azioni totali ricavate a testa elevazione.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze F_x (trasversali), F_y (longitudinali), F_z (verticali) e momenti M_x (longitudinali), M_y (trasversali), M_z (torcenti) rispetto al punto G, posto al centro della elevazione pila a quota estradosso fondazione, e i rispettivi assi x, y, z come riportato nella figura seguente.

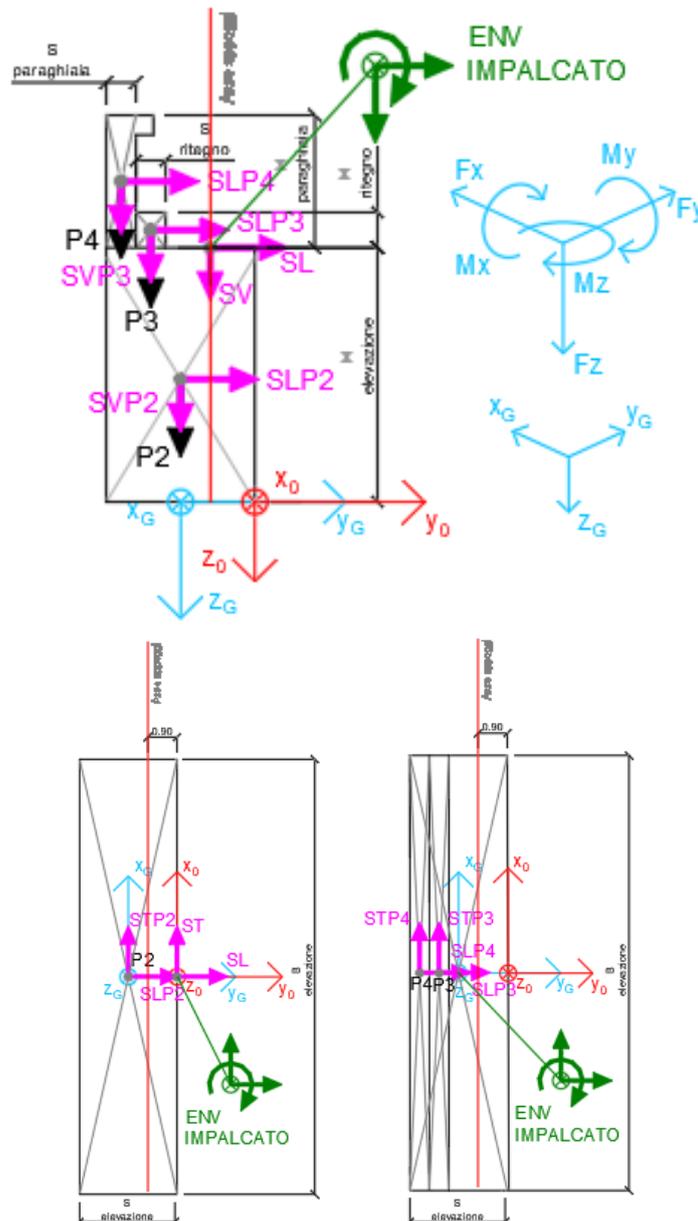


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	108

11.2.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: ELEVAZIONE SPALLA 2			CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO															
PGA orizzontale a _y (g)	0,195		Coeff. sismico orizz. k _h						0,2738	Coeff. spinta attiva sismica k _{sE}						0,3834		
Coeff. stratigrafico S _s	1,404		Coeff. sismico vert. k _v						0,1369									
NOME: ELEVAZIONE SPALLA 2			CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA															
			F _{x0} (kN)	F _{y0} (kN)	F _{z0} (kN)	x ₀ (m)	y ₀ (m)	z ₀ (m)	M _{x0} (kNm)	M _{y0} (kNm)	M _{z0} (kNm)	F _{xG} (m)	F _{yG} (m)	F _{zG} (m)	M _{kG} (kNm)	M _{yG} (kNm)	M _{zG} (kNm)	
Sisma long	SLP2		0	1663	0	0,00	-1,50	-3,00	4990	0	0							
	SLP3		0	51	0	0,00	-2,10	-6,46	329	0	0							
	SLP4		0	172	0	0,00	-2,70	-7,55	1298	0	0							
			0	1886	0				6617	0	0	0	1886	0	0	6617	0	0
Sisma trasv	STP2		1663	0	0	0,00	-1,50	-3,00	0	-4990	2495							
	STP3		51	0	0	0,00	-2,10	-6,46	0	-329	107							
	STP4		172	0	0	0,00	-2,70	-7,55	0	-1298	464							
			1886	0	0				0	-6617	3066	1886	0	0	0	-6617	237	0
Sisma vert	SVP2		0	0	832	0,00	-1,50	-3,00	-1247	0	0							
	SVP3		0	0	26	0,00	-2,10	-6,46	-54	0	0							
	SVP4		0	0	86	0,00	-2,70	-7,55	-232	0	0							
			0	0	943				-1533	0	0	0	0	943	-118	0	0	0
Sisma ballast long	SCBH		0	0	0	0,00	-3,00	-4,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisma terreno long	STHL		0	0	0	0,00	-3,00	-4,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisma impalcato long	SL		0	2482	0	0,00	0,00	-6,00	14894	0	0							
			0	2482	0				14894	0	0	0	2482	0	14894	0	0	0
Sisma impalcato trasv	ST		2482	0	0	0,00	0,00	-6,00	0	-14894	0							
			2482	0	0				0	-14894	0	2482	0	0	0	-14894	-3723	0
Sisma impalcato vert	SV		0	0	1241	0,00	0,00	-6,00	0	0	0							
			0	0	1241				0	0	0	0	0	1241	1862	0	0	0

Tabella 33 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	109

NOME: ELEVAZIONE SPALLA 2				PARAMETRI DI CALCOLO ELEVAZIONE												
H paraghiaia (m)	3,10	H elevazione (m)	6,00	Peso terreno (kN/m3)	20,00	Carico variab. Q LM71 (kPa)	23,15									
S paraghiaia (m)	0,60	S elevazione (m)	3,00	Angolo di attrito terreno (°)	38,00	XG elevazione	0,00									
H ritegno (m)	0,92	B elevazione (m)	13,50	Coeff. spinta attiva statica ka	0,2379	YG elevazione	-1,50									
S ritegno (m)	0,60	Carico perm. Gb ballast (kPa)	9,72	Coeff. spinta riposo statica k0	0,3843	ZG elevazione	0,00									
NOME: ELEVAZIONE SPALLA 2				CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA												
		F _{x0} (kN)	F _{y0} (kN)	F _{z0} (kN)	x ₀ (m)	y ₀ (m)	z ₀ (m)	M _{x0} (kNm)	M _{y0} (kNm)	M _{z0} (kNm)	F _{xG} (m)	F _{yG} (m)	F _{zG} (m)	M _{kG} (kNm)	M _{yG} (kNm)	M _{zG} (kNm)
Peso proprio	P2	0	0	6075	0,00	-1,50	-3,00	-9113	0	0	0	0	0	6889	-865	0
	P3	0	0	186	0,00	-2,10	-6,46	-391	0	0	0	0	0	0	0	0
	P4	0	0	628	0,00	-2,70	-7,55	-1695	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	6889	0,00	-3,00	-4,55	-11199	0	0	0	0	0	6889	-865	0
Ballast	GBH	0	0	0	0,00	-3,00	-4,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0,00	-3,00	-3,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spinta terreno	THL	0	0	0	0,00	-3,00	-3,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0,00	-3,00	-4,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sovraccarico long	Q1	0	0	0	0,00	-3,00	-4,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0,00	-3,00	-4,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NOME: ELEVAZIONE SPALLA 2				CALCOLO AZIONI DA IMPALCATO												
		F _{x0} (kN)	F _{y0} (kN)	F _{z0} (kN)	x ₀ (m)	y ₀ (m)	z ₀ (m)	M _{x0} (kNm)	M _{y0} (kNm)	M _{z0} (kNm)	F _{xG} (m)	F _{yG} (m)	F _{zG} (m)	M _{kG} (kNm)	M _{yG} (kNm)	M _{zG} (kNm)
ENV	Nvert Max	798	1351	12853	0,00	0,00	-6,00	-10757	-3207	1131	798	1351	12853	16630	-7998	-67
SLU	Nvert Min	-351	175	5517	0,00	0,00	-6,00	-4860	1184	-316	-351	175	5517	4464	3290	211
	Vtrasv Max	935	1411	10342	0,00	0,00	-6,00	-8461	-3469	1374	935	1411	10342	15518	-9078	-29
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	0,00	0,00	-6,00	-5070	1184	-316	-351	-175	5517	2156	3290	211
	Mlong Max	-351	175	5517	0,00	0,00	-6,00	-4860	1184	-316	-351	175	5517	4464	3290	211
	Mlong Min	798	1351	12853	0,00	0,00	-6,00	-10757	-3207	1131	798	1351	12853	16630	-7998	-67
	Vlong Max	324	2819	8113	0,00	0,00	-6,00	-5610	-5371	5253	324	2819	8113	23475	-7312	4768
	Vlong Min	0	-234	5826	0,00	0,00	-6,00	-5384	0	-6	0	-234	5826	1951	0	-6
	Mtrasv Max	-351	175	5517	0,00	0,00	-6,00	-4860	1184	-316	-351	175	5517	4464	3290	211
	Mtrasv Min	436	1587	10578	0,00	0,00	-6,00	-8568	-6171	2880	436	1587	10578	16820	-8789	2225
	Mtorc Max	324	2819	8113	0,00	0,00	-6,00	-5610	-5371	5253	324	2819	8113	23475	-7312	4768
	Mtorc Min	-351	-175	5517	0,00	0,00	-6,00	-5070	1184	-316	-351	-175	5517	2156	3290	211
		F _{x0} (kN)	F _{y0} (kN)	F _{z0} (kN)	x ₀ (m)	y ₀ (m)	z ₀ (m)	M _{x0} (kNm)	M _{y0} (kNm)	M _{z0} (kNm)	F _{xG} (m)	F _{yG} (m)	F _{zG} (m)	M _{kG} (kNm)	M _{yG} (kNm)	M _{zG} (kNm)
ENV	Nvert Max	546	1356	9031	0,00	0,00	-6,00	-7314	-2172	941	546	1356	9031	14371	-5446	122
SLE RA	Nvert Min	-234	-175	5620	0,00	0,00	-6,00	-5163	789	-211	-234	-175	5620	2218	2194	140
	Vtrasv Max	640	1422	8873	0,00	0,00	-6,00	-7132	-2345	1158	640	1422	8873	14712	-6184	198
	Vtrasv Min	-234	-175	5620	0,00	0,00	-6,00	-5163	789	-211	-234	-175	5620	2218	2194	140
	Mtrasv Max	-234	-175	5620	0,00	0,00	-6,00	-5163	789	-211	-234	-175	5620	2218	2194	140
	Mtrasv Min	296	1144	7448	0,00	0,00	-6,00	-6017	-4091	2994	296	1144	7448	12022	-5868	2550
	Vlong Max	265	1916	7399	0,00	0,00	-6,00	-5510	-3871	3657	265	1916	7399	17082	-5460	3259
	Vlong Min	-234	-175	5620	0,00	0,00	-6,00	-5163	789	-211	-234	-175	5620	2218	2194	140
	Mlong Max	0	256	5826	0,00	0,00	-6,00	-5090	0	8	0	256	5826	5188	0	8
	Mlong Min	546	844	9031	0,00	0,00	-6,00	-7622	-2172	925	546	844	9031	10986	-5446	106
	Mtorc Max	265	1916	7399	0,00	0,00	-6,00	-5510	-3871	3657	265	1916	7399	17082	-5460	3259
	Mtorc Min	-234	-175	5620	0,00	0,00	-6,00	-5163	789	-211	-234	-175	5620	2218	2194	140
		F _{x0} (kN)	F _{y0} (kN)	F _{z0} (kN)	x ₀ (m)	y ₀ (m)	z ₀ (m)	M _{x0} (kNm)	M _{y0} (kNm)	M _{z0} (kNm)	F _{xG} (m)	F _{yG} (m)	F _{zG} (m)	M _{kG} (kNm)	M _{yG} (kNm)	M _{zG} (kNm)
ENV	Nvert Max	0	175	5826	0,00	0,00	-6,00	-5139	0	0	0	175	5826	4649	0	0
SLE QP	Nvert Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-6,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2342	0	0
	Vtrasv Max	0	175	5826	0,00	0,00	-6,00	-5139	0	0	0	175	5826	4649	0	0
	Vtrasv Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-6,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2342	0	0
	Mtrasv Max	0	175	5826	0,00	0,00	-6,00	-5139	0	0	0	175	5826	4649	0	0
	Mtrasv Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-6,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2342	0	0
	Vlong Max	0	175	5826	0,00	0,00	-6,00	-5139	0	0	0	175	5826	4649	0	0
	Vlong Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-6,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2342	0	0
	Mlong Max	0	175	5826	0,00	0,00	-6,00	-5139	0	0	0	175	5826	4649	0	0
	Mlong Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-6,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2342	0	0
	Mtorc Max	0	175	5826	0,00	0,00	-6,00	-5139	0	0	0	175	5826	4649	0	0
	Mtorc Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-6,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2342	0	0

Tabella 34 – Riepilogo azioni elementari statiche

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	110

Tipo azione	Descrizione azione	V _{trasv}	V _{long}	N _{vert}	M _{long}	M _{trasv}	M _{torc}
		F _x [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	6889	-865	0	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	0	0	0	0	0	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	0	0	0	0	0	0
SLU Impalcato	Nvert Max	798	1351	12853	16630	-7998	-67
	Nvert Min	-351	175	5517	4464	3290	211
	Vtrasv Max	935	1411	10342	15518	-9078	-29
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	2156	3290	211
	Mtrasv Max	-351	175	5517	4464	3290	211
	Mtrasv Min	798	1351	12853	16630	-7998	-67
	Vlong Max	324	2819	8113	23475	-7312	4768
	Vlong Min	0	-234	5826	1951	0	-6
	Mlong Max	-351	175	5517	4464	3290	211
	Mlong Min	436	1587	10578	16820	-8789	2225
	Mtorc Max	324	2819	8113	23475	-7312	4768
	Mtorc Min	-351	-175	5517	2156	3290	211
SLE RA Impalcato	Nvert Max	546	1356	9031	14371	-5446	122
	Nvert Min	-234	-175	5620	2218	2194	140
	Vtrasv Max	640	1422	8873	14712	-6184	198
	Vtrasv Min	-234	-175	5620	2218	2194	140
	Mtrasv Max	-234	-175	5620	2218	2194	140
	Mtrasv Min	296	1144	7448	12022	-5868	2550
	Vlong Max	265	1916	7399	17082	-5460	3259
	Vlong Min	-234	-175	5620	2218	2194	140
	Mlong Max	0	256	5826	5188	0	8
	Mlong Min	546	844	9031	10986	-5446	106
	Mtorc Max	265	1916	7399	17082	-5460	3259
	Mtorc Min	-234	-175	5620	2218	2194	140
SLE QP Impalcato	Nvert Max	0	175	5826	4649	0	0
	Nvert Min	0	-175	5826	2342	0	0
	Vtrasv Max	0	175	5826	4649	0	0
	Vtrasv Min	0	-175	5826	2342	0	0
	Mtrasv Max	0	175	5826	4649	0	0
	Mtrasv Min	0	-175	5826	2342	0	0
	Vlong Max	0	175	5826	4649	0	0
	Vlong Min	0	-175	5826	2342	0	0
	Mlong Max	0	175	5826	4649	0	0
	Mlong Min	0	-175	5826	2342	0	0
	Mtorc Max	0	175	5826	4649	0	0
	Mtorc Min	0	-175	5826	2342	0	0

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	112

INVILUPPO: SLU		N_{vert}	V_{trasv}	M_{trasv}	V_{long}	M_{long}	M_{torc}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N _{vert} Max	SLU6	22153	798	-7998	1351	15462	-67
N _{vert} Min	SLU24	12406	-351	3290	-175	1291	211
V _{trasv} Max	SLU15	17231	935	-9078	1411	14653	-29
V _{trasv} Min	SLU4	14817	-351	3290	-175	989	211
M _{trasv} Max	SLU14	12406	-351	3290	175	3598	211
M _{trasv} Min	SLU3	19642	935	-9078	1411	14350	-29
V _{long} Max	SLU19	15002	324	-7312	2819	22610	4768
V _{long} Min	SLU8	15126	0	0	-234	784	-6
M _{long} Max	SLU19	15002	324	-7312	2819	22610	4768
M _{long} Min	SLU8	15126	0	0	-234	784	-6
M _{torc} Max	SLU19	15002	324	-7312	2819	22610	4768
M _{torc} Min	SLU13	19742	798	-7998	1351	15765	-67
INVILUPPO: SLV		N_{vert}	V_{trasv}	M_{trasv}	V_{long}	M_{long}	M_{torc}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N _{vert} Max	SLV5	14899	4368	-21511	1485	11981	-3487
N _{vert} Min	SLV6	10531	4368	-21511	1485	8494	-3487
V _{trasv} Max	SLV5	14899	4368	-21511	1485	11981	-3487
V _{trasv} Min	SLV2	12060	1311	-6453	4543	24772	-1046
M _{trasv} Max	SLV1	13370	1311	-6453	4543	25818	-1046
M _{trasv} Min	SLV6	10531	4368	-21511	1485	8494	-3487
V _{long} Max	SLV1	13370	1311	-6453	4543	25818	-1046
V _{long} Min	SLV6	10531	4368	-21511	1485	8494	-3487
M _{long} Max	SLV1	13370	1311	-6453	4543	25818	-1046
M _{long} Min	SLV6	10531	4368	-21511	1485	8494	-3487
M _{torc} Max	SLV1	13370	1311	-6453	4543	25818	-1046
M _{torc} Min	SLV6	10531	4368	-21511	1485	8494	-3487

Tabella 37 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	113

INVILUPPO: SLE RA		N_{vert}	V_{trasv}	M_{trasv}	V_{long}	M_{long}	M_{torc}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N _{vert} Max	RA1	15920	546	-5446	1356	13506	122
N _{vert} Min	RA12	12509	-234	2194	-175	1353	140
V _{trasv} Max	RA3	15762	640	-6184	1422	13847	198
V _{trasv} Min	RA12	12509	-234	2194	-175	1353	140
M _{trasv} Max	RA12	12509	-234	2194	-175	1353	140
M _{trasv} Min	RA3	15762	640	-6184	1422	13847	198
V _{long} Max	RA7	14288	265	-5460	1916	16217	3259
V _{long} Min	RA12	12509	-234	2194	-175	1353	140
M _{long} Max	RA7	14288	265	-5460	1916	16217	3259
M _{long} Min	RA12	12509	-234	2194	-175	1353	140
M _{torc} Max	RA7	14288	265	-5460	1916	16217	3259
M _{torc} Min	RA9	12715	0	0	256	4323	8
INVILUPPO: SLE QP		N_{vert}	V_{trasv}	M_{trasv}	V_{long}	M_{long}	M_{torc}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N _{vert} Max	QP1	12715	0	0	175	3784	0
N _{vert} Min	QP12	12715	0	0	-175	1477	0
V _{trasv} Max	QP1	12715	0	0	175	3784	0
V _{trasv} Min	QP12	12715	0	0	-175	1477	0
M _{trasv} Max	QP1	12715	0	0	175	3784	0
M _{trasv} Min	QP12	12715	0	0	-175	1477	0
V _{long} Max	QP1	12715	0	0	175	3784	0
V _{long} Min	QP12	12715	0	0	-175	1477	0
M _{long} Max	QP1	12715	0	0	175	3784	0
M _{long} Min	QP12	12715	0	0	-175	1477	0
M _{torc} Max	QP1	12715	0	0	175	3784	0
M _{torc} Min	QP12	12715	0	0	-175	1477	0

Tabella 38 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo

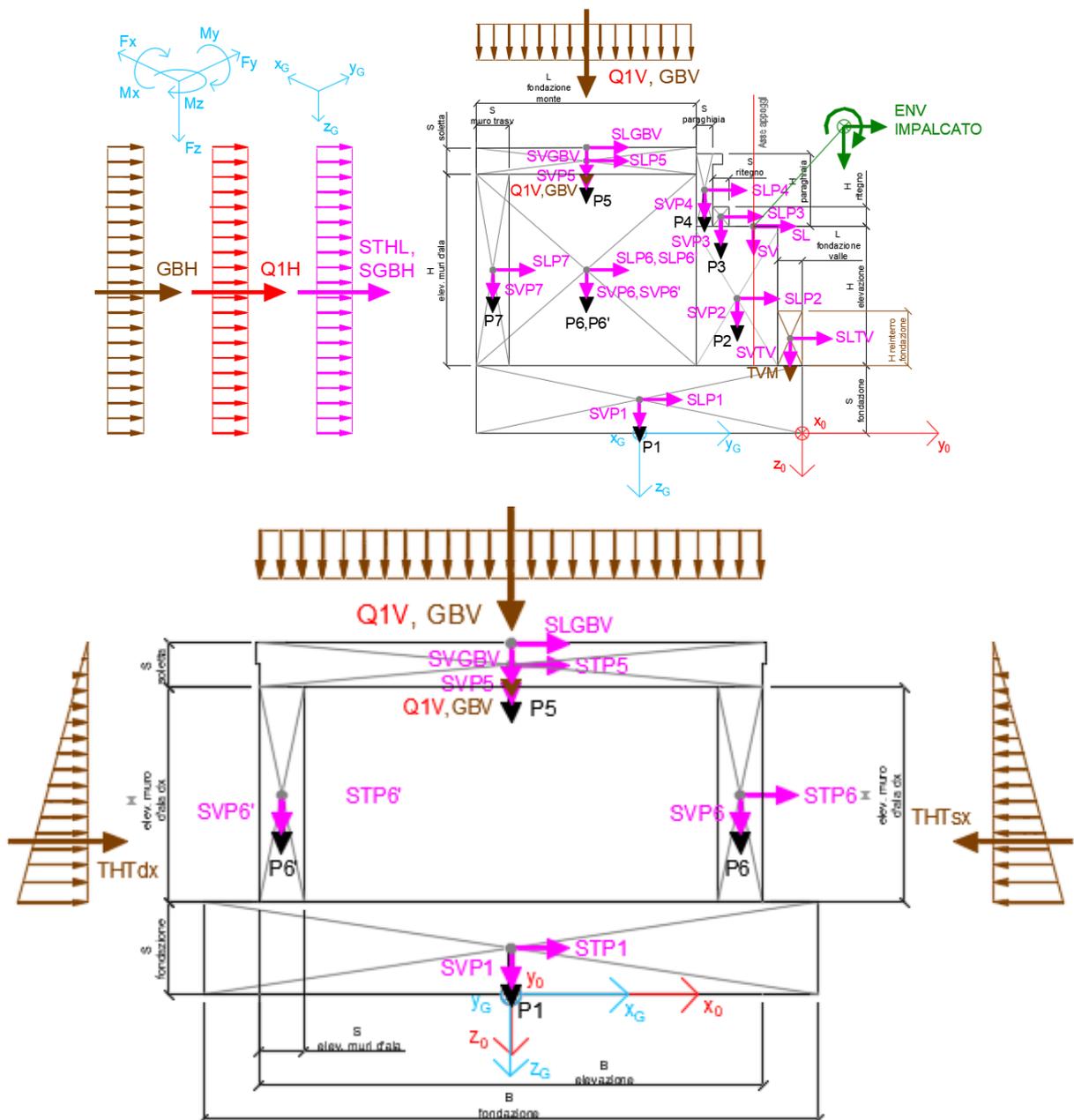
**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	114

11.3 SOLLECITAZIONI IN FONDAZIONE

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali (G_{k1}), non strutturali (G_{k2}) e accidentali (Q_{ki}) applicate all'elevazione spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi, combinandole opportunamente con gli involuppi di azioni totali ricavate a testa elevazione.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze F_x (trasversali), F_y (longitudinali), F_z (verticali) e momenti M_x (longitudinali), M_y (trasversali), M_z (torcenti) rispetto al punto G posto al centro palificata a quota testa pali., e i rispettivi assi x, y, z come riportato nella figura seguente.



VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	115

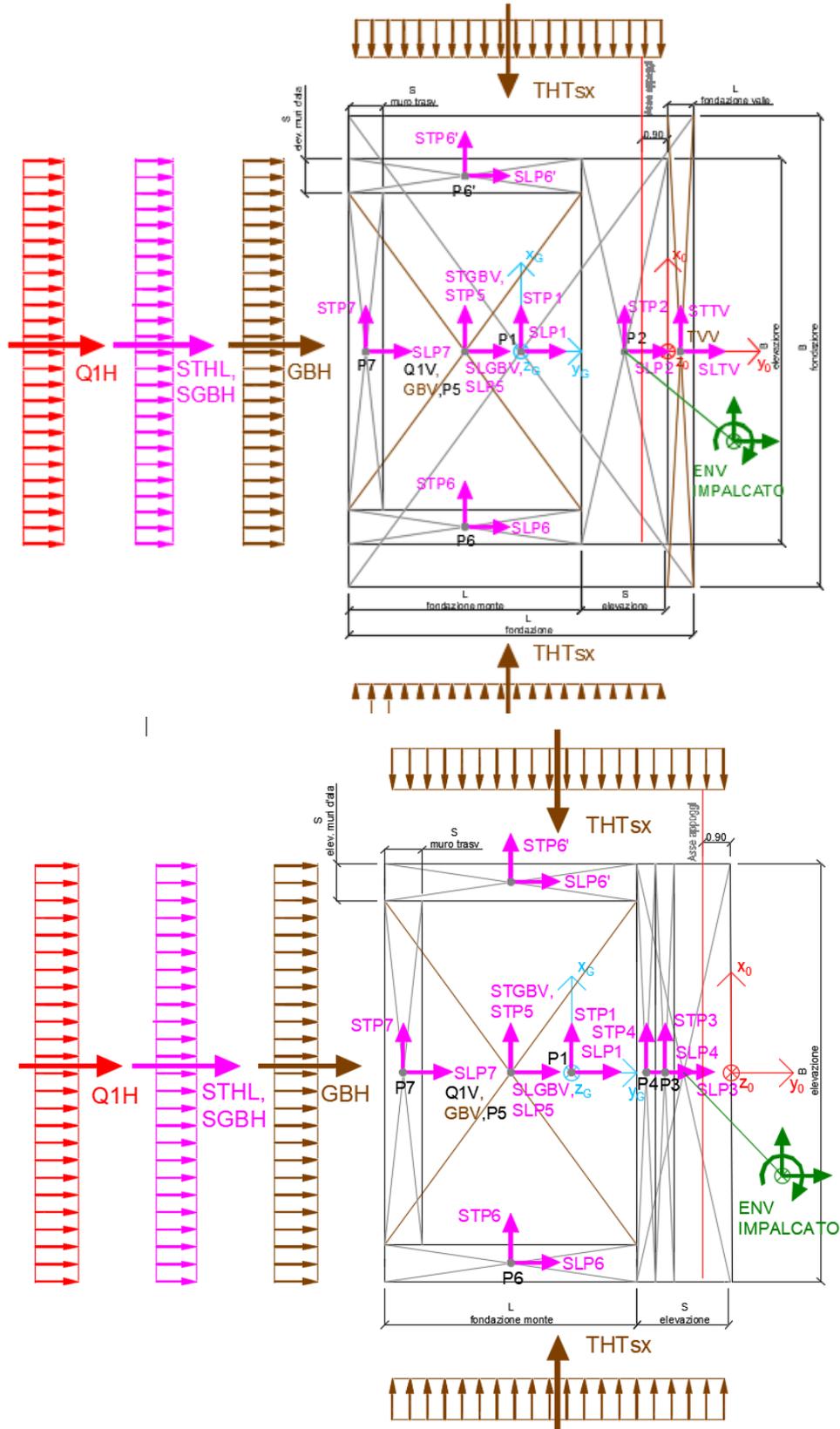


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

MANDATARIA 	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	116

11.3.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: FONDAZIONE SPALLA 2				CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO											
PGA orizzontale a _g (g)		0,195		Coeff. sismico orizz. k _h				0,2738		Coeff. spinta attiva sismica k _{aE}				0,3834	
Coeff. stratigrafico SS		1,404		Coeff. sismico vert. k _v				0,1369							
NOME: FONDAZIONE SPALLA 2				CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA											
	F _{x0} (kN)	F _{y0} (kN)	F _{z0} (kN)	x ₀ (m)	y ₀ (m)	z ₀ (m)	M _{x0} (kNm)	M _{y0} (kNm)	M _{z0} (kNm)	F _{xG} (m)	F _{yG} (m)	F _{zG} (m)	M _{xG} (kNm)	M _{yG} (kNm)	M _{zG} (kNm)
Sisma long	SLP1	0	3388	0	0,00	-6,00	-1,25	4235	0	0					
	SLP2	0	1663	0	0,00	-2,40	-5,50	9148	0	0					
	SLP3	0	51	0	0,00	-3,00	-8,96	457	0	0					
	SLP4	0	172	0	0,00	-3,60	-10,05	1727	0	0					
	SLP5	0	898	0	0,00	-7,95	-11,00	9879	0	0					
	SLP6	0	526	0	6,15	-7,95	-6,45	3390	0	3232					
	SLP6'	0	526	0	-6,15	-7,95	-6,45	3390	0	-3232					
	SLP7	0	720	0	0,00	-11,40	-6,45	4646	0	0					
	0	7944	0				36872	0	0	0	7944	0	36872	0	0
Sisma trasv	STP1	3388	0	0	0,00	-6,00	-1,25	0	-4235	20328					
	STP2	1663	0	0	0,00	-2,40	-5,50	0	-9148	3992					
	STP3	51	0	0	0,00	-3,00	-8,96	0	-457	153					
	STP4	172	0	0	0,00	-3,60	-10,05	0	-1727	619					
	STP5	898	0	0	0,00	-7,95	-11,00	0	-9879	7140					
	STP6	526	0	0	6,15	-7,95	-6,45	0	-3390	4178					
	STP6'	526	0	0	-6,15	-7,95	-6,45	0	-3390	4178					
	STP7	720	0	0	0,00	-11,40	-6,45	0	-4646	8211					
	7944	0	0				0	-36872	48799	7944	0	0	0	-36872	1137
Sisma vert	SVP1	0	0	1694	0,00	-6,00	-1,25	-10164	0	0					
	SVP2	0	0	832	0,00	-2,40	-5,50	-1996	0	0					
	SVP3	0	0	26	0,00	-3,00	-8,96	-77	0	0					
	SVP4	0	0	86	0,00	-3,60	-10,05	-309	0	0					
	SVP5	0	0	449	0,00	-7,95	-11,00	-3570	0	0					
	SVP6	0	0	263	6,15	-7,95	-6,45	-2089	-1616	0					
	SVP6'	0	0	263	-6,15	-7,95	-6,45	-2089	1616	0					
	SVP7	0	0	360	0,00	-11,40	-6,45	-4105	0	0					
	0	0	3972				-24400	0	0	0	0	3972	-569	0	0
Sisma ballast long	SLGBV	0	291	0	0,00	-7,95	-11,60	3375	0	0					
	SGBH	0	301	0	0,00	-12,00	-5,80	1748	0	0					
	0	592	0				5123	0	0	0	592	0	5123	0	0
Sisma ballast trasv	STGBV	291	0	0	0,00	-7,95	-11,60	0	-3375	2313					
	291	0	0				0	-3375	2313	291	0	0	0	-3375	567
Sisma ballast vert	SVGBV	0	0	145	0,00	-7,95	-11,60	-1157	0	0					
	0	0	145				-1157	0	0	0	0	145	-284	0	0
Sisma terreno long	SLVV	0	122	0	0,00	-0,45	-3,25	396	0	0					
	STHL	0	0	0	0,00	-12,00	-3,87	0	0	0					
	0	122	0				396	0	0	0	122	0	396	0	0
Sisma terreno trasv	STTV	122	0	0	0,00	-0,45	-3,25	0	-396	55					
	122	0	0				0	-396	55	122	0	0	0	-396	-677
Sisma terreno vert	SVTV	0	0	61	0,00	-0,45	-3,25	-27	0	0					
	0	0	61				-27	0	0	0	0	61	338	0	0
Sisma impalcato long	SL	0	2482	0	0,00	-0,90	-10,40	25816	0	0					
		0	2482	0				25816	0	0	0	2482	0	25816	0
Sisma impalcato trasv	ST	2482	0	0	0,00	-0,90	-10,40	0	-25816	2234					
	2482	0	0				0	-25816	2234	2482	0	0	0	-25816	-12660
Sisma impalcato vert	SV	0	0	1241	0,00	-0,90	-10,40	-1117	0	0					
	0	0	1241				-1117	0	0	0	0	1241	6330	0	0

Tabella 39 – Riepilogo azioni elementari sismiche

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	117

NOME: FONDAZIONE SPALLA 2			PARAMETRI DI CALCOLO FONDAZIONE						
H paraghiaia (m)	3,10	B elevazione (m)	13,50	H reinterro fondaz. valle (m)	1,50	S soletta (m)	1,20	Carico variabile (kPa)	23,15
S paraghiaia (m)	0,60	S fondazione (m)	2,50	S elev. muri d'ala (m)	1,20	S muro trasv (m)	1,20	Carico ballast (kPa)	9,72
H ritegno (m)	0,92	L fondazione monte (m)	8,10	H elev. muro d'ala sx (m)	7,90	Peso terreno (kN/m ²)	20,00		
S ritegno (m)	0,60	L fondazione valle (m)	0,90	H elev. muro d'ala dx (m)	7,90	Coeff. spinta attiva statica k _a	0,2379	X _G fondazione	0,00
H elevazione (m)	6,00	L fondazione (m)	12,00	H reinterro muro d'ala sx (m)	7,90	Coeff. spinta riposo statica k ₀	0,3843	Y _G fondazione	-6,00
S elevazione (m)	3,00	B fondazione (m)	16,50	H reinterro muro d'ala dx (m)	7,90			Z _G fondazione	0,00

NOME: FONDAZIONE SPALLA 2			CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA													
	F _{x0} (kN)	F _{y0} (kN)	F _{z0} (kN)	x ₀ (m)	y ₀ (m)	z ₀ (m)	M _{x0} (kNm)	M _{y0} (kNm)	M _{z0} (kNm)	F _{xG} (m)	F _{yG} (m)	F _{zG} (m)	M _{xG} (kNm)	M _{yG} (kNm)	M _{zG} (kNm)	
Peso proprio	P1	0	0	12375	0,00	-6,00	-1,25	-74250	0	0	0	0	0	0	0	
	P2	0	0	6075	0,00	-2,40	-5,50	-14580	0	0	0	0	0	0	0	
	P3	0	0	186	0,00	-3,00	-8,96	-559	0	0	0	0	0	0	0	
	P4	0	0	628	0,00	-3,60	-10,05	-2260	0	0	0	0	0	0	0	
	P5	0	0	3281	0,00	-7,95	-11,00	-26080	0	0	0	0	0	0	0	
	P6	0	0	1920	6,15	-7,95	-6,45	-15262	-11806	0	0	0	0	0	0	
	P6'	0	0	1920	-6,15	-7,95	-6,45	-15262	11806	0	0	0	0	0	0	
P7	0	0	2631	0,00	-11,40	-6,45	-29990	0	0	0	0	0	0	0		
Ballast		0	0	29015				-178242	0	0	0	29015	-4154	0	0	
	GBV	0	0	1063	0,00	-7,95	-11,60	-8449	0	0	0	0	0	0	0	
	GBH	0	585	0	0,00	-12,00	-5,80	3393	0	0	0	0	0	0	0	
Spinta terreno		0	585	1063				-5056	0	0	0	585	1063	1320	0	
	THL	0	0	0	0,00	-12,00	-3,87	0	0	0	0	0	0	0	0	
	THTsx	0	0	0	6,75	-6,45	-3,47	0	0	0	0	0	0	0	0	
	THTdx	0	0	0	-6,75	-6,45	-3,47	0	0	0	0	0	0	0	0	
	TVV	0	0	446	0,00	-0,45	-3,25	-200	0	0	0	0	0	0	0	
Sovraccarico long		0	0	446				-200	0	0	0	0	446	2473	0	
	Q1H	0	1393	0	0,00	-12,00	-5,80	8081	0	0	0	0	0	0	0	
	Q1V	0	0	2531	0,00	-7,95	-11,60	-20123	0	0	0	0	1393	2531	3145	0
	0	1393	2531					-12043	0	0	0	0	1393	2531	3145	0

NOME: FONDAZIONE SPALLA 2			CALCOLO AZIONI DA IMPALCATO														
	F _{x0} (kN)	F _{y0} (kN)	F _{z0} (kN)	x ₀ (m)	y ₀ (m)	z ₀ (m)	M _{x0} (kNm)	M _{y0} (kNm)	M _{z0} (kNm)	F _{xG} (m)	F _{yG} (m)	F _{zG} (m)	M _{xG} (kNm)	M _{yG} (kNm)	M _{zG} (kNm)		
ENV SLU	Nvert Max	798	1351	12853	0,00	-0,90	-10,40	-10757	-3207	1131	798	1351	12853	68847	-11511	-2941	
	Nvert Min	-351	175	5517	0,00	-0,90	-10,40	-4860	1184	-316	-351	175	5517	25092	4835	1475	
	Vtrasv Max	935	1411	10342	0,00	-0,90	-10,40	-8461	-3469	1374	935	1411	10342	58956	-13191	-3394	
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	0,00	-0,90	-10,40	-5070	1184	-316	-351	-175	5517	21247	4835	1475	
	Mlong Max	-351	175	5517	0,00	-0,90	-10,40	-4860	1184	-316	-351	175	5517	25092	4835	1475	
	Mlong Min	798	1351	12853	0,00	-0,90	-10,40	-10757	-3207	1131	798	1351	12853	68847	-11511	-2941	
	Vlong Max	324	2819	8113	0,00	-0,90	-10,40	-5610	-5371	5253	324	2819	8113	65086	-8736	3603	
	Vlong Min	0	-234	5826	0,00	-0,90	-10,40	-5384	0	-6	0	-234	5826	21896	0	-6	
	Mtrasv Max	-351	175	5517	0,00	-0,90	-10,40	-4860	1184	-316	-351	175	5517	25092	4835	1475	
	Mtrasv Min	436	1587	10578	0,00	-0,90	-10,40	-8568	-6171	2880	436	1587	10578	61881	-10709	654	
	Mtorc Max	324	2819	8113	0,00	-0,90	-10,40	-5610	-5371	5253	324	2819	8113	65086	-8736	3603	
	Mtorc Min	-351	-175	5517	0,00	-0,90	-10,40	-5070	1184	-316	-351	-175	5517	21247	4835	1475	
	ENV SLE RA	Nvert Max	546	1356	9031	0,00	-0,90	-10,40	-7314	-2172	941	546	1356	9031	52852	-7848	-1842
		Nvert Min	-234	-175	5620	0,00	-0,90	-10,40	-5163	789	-211	-234	-175	5620	21680	3224	983
		Vtrasv Max	640	1422	8873	0,00	-0,90	-10,40	-7132	-2345	1158	640	1422	8873	52912	-9000	-2105
Vtrasv Min		-234	-175	5620	0,00	-0,90	-10,40	-5163	789	-211	-234	-175	5620	21680	3224	983	
Mtrasv Max		-234	-175	5620	0,00	-0,90	-10,40	-5163	789	-211	-234	-175	5620	21680	3224	983	
Mtrasv Min		296	1144	7448	0,00	-0,90	-10,40	-6017	-4091	2994	296	1144	7448	43870	-7170	1484	
Vlong Max		265	1916	7399	0,00	-0,90	-10,40	-5510	-3871	3657	265	1916	7399	52146	-6626	2305	
Vlong Min		-234	-175	5620	0,00	-0,90	-10,40	-5163	789	-211	-234	-175	5620	21680	3224	983	
Mlong Max		0	256	5826	0,00	-0,90	-10,40	-5090	0	8	0	256	5826	27290	0	8	
Mlong Min		546	844	9031	0,00	-0,90	-10,40	-7622	-2172	925	546	844	9031	47211	-7848	-1858	
Mtorc Max		265	1916	7399	0,00	-0,90	-10,40	-5510	-3871	3657	265	1916	7399	52146	-6626	2305	
Mtorc Min		-234	-175	5620	0,00	-0,90	-10,40	-5163	789	-211	-234	-175	5620	21680	3224	983	
ENV SLE QP		Nvert Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-10,40	-5139	0	0	0	175	5826	26392	0	0
		Nvert Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-10,40	-5348	0	0	0	-175	5826	22547	0	0
		Vtrasv Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-10,40	-5139	0	0	0	175	5826	26392	0	0
	Vtrasv Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-10,40	-5348	0	0	0	-175	5826	22547	0	0	
	Mtrasv Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-10,40	-5139	0	0	0	175	5826	26392	0	0	
	Mtrasv Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-10,40	-5348	0	0	0	-175	5826	22547	0	0	
	Vlong Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-10,40	-5139	0	0	0	175	5826	26392	0	0	
	Vlong Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-10,40	-5348	0	0	0	-175	5826	22547	0	0	
	Mlong Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-10,40	-5139	0	0	0	175	5826	26392	0	0	
	Mlong Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-10,40	-5348	0	0	0	-175	5826	22547	0	0	
	Mtorc Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-10,40	-5139	0	0	0	175	5826	26392	0	0	
	Mtorc Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-10,40	-5348	0	0	0	-175	5826	22547	0	0	

Tabella 40 – Riepilogo azioni elementari statiche

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	118

Tipo azione	Descrizione azione	V _{trasv} F _x [kN]	V _{long} F _y [kN]	N _{vert} F _z [kN]	M _{long} M _x [kNm]	M _{trasv} M _y [kNm]	M _{torc} M _z [kNm]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	29015	-4154	0	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	0	585	1063	1320	0	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	0	0	446	2473	0	0
SLU Impalcato	Nvert Max	798	1351	12853	68847	-11511	-2941
	Nvert Min	-351	175	5517	25092	4835	1475
	Vtrasv Max	935	1411	10342	58956	-13191	-3394
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	21247	4835	1475
	Mtrasv Max	-351	175	5517	25092	4835	1475
	Mtrasv Min	798	1351	12853	68847	-11511	-2941
	Vlong Max	324	2819	8113	65086	-8736	3603
	Vlong Min	0	-234	5826	21896	0	-6
	Mlong Max	-351	175	5517	25092	4835	1475
	Mlong Min	436	1587	10578	61881	-10709	654
	Mtorc Max	324	2819	8113	65086	-8736	3603
Mtorc Min	-351	-175	5517	21247	4835	1475	
SLE RA Impalcato	Nvert Max	546	1356	9031	52852	-7848	-1842
	Nvert Min	-234	-175	5620	21680	3224	983
	Vtrasv Max	640	1422	8873	52912	-9000	-2105
	Vtrasv Min	-234	-175	5620	21680	3224	983
	Mtrasv Max	-234	-175	5620	21680	3224	983
	Mtrasv Min	296	1144	7448	43870	-7170	1484
	Vlong Max	265	1916	7399	52146	-6626	2305
	Vlong Min	-234	-175	5620	21680	3224	983
	Mlong Max	0	256	5826	27290	0	8
	Mlong Min	546	844	9031	47211	-7848	-1858
	Mtorc Max	265	1916	7399	52146	-6626	2305
Mtorc Min	-234	-175	5620	21680	3224	983	
SLE QP Impalcato	Nvert Max	0	175	5826	26392	0	0
	Nvert Min	0	-175	5826	22547	0	0
	Vtrasv Max	0	175	5826	26392	0	0
	Vtrasv Min	0	-175	5826	22547	0	0
	Mtrasv Max	0	175	5826	26392	0	0
	Mtrasv Min	0	-175	5826	22547	0	0
	Vlong Max	0	175	5826	26392	0	0
	Vlong Min	0	-175	5826	22547	0	0
	Mlong Max	0	175	5826	26392	0	0
	Mlong Min	0	-175	5826	22547	0	0
	Mtorc Max	0	175	5826	26392	0	0
Mtorc Min	0	-175	5826	22547	0	0	

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	119

Qk1	Q (acc. Traffico)	0	1393	2531	3145	0	0
E	Sisma long	0	11140	0	68207	0	0
Sisma	Sisma trasv	10839	0	0	0	-66459	-11632
	Sisma vert	0	0	5419	5816	0	0

Tabella 41 – Risultanti azioni elementari al centro della palificata G (quota testa palo)

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	121

INVILUPPO: SLU		N _{vert}	V _{trasv}	M _{trasv}	V _{long}	M _{long}	M _{torc}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N _{vert} Max	SLU6	57956	798	-11511	4249	73488	-2941
N _{vert} Min	SLU24	39710	-351	4835	2430	25446	1475
V _{trasv} Max	SLU3	55444	935	-13191	4309	63597	-3394
V _{trasv} Min	SLU24	39710	-351	4835	2430	25446	1475
M _{trasv} Max	SLU6	50619	-351	4835	3072	29734	1475
M _{trasv} Min	SLU24	44535	935	-13191	4016	63155	-3394
V _{long} Max	SLU7	53215	324	-8736	5717	69727	3603
V _{long} Min	SLU20	40019	0	0	2371	26094	-6
M _{long} Max	SLU2	57956	798	-11511	4249	73488	-2941
M _{long} Min	SLU15	39710	-351	4835	2430	25446	1475
M _{torc} Max	SLU7	53215	324	-8736	5717	69727	3603
M _{torc} Min	SLU15	44535	935	-13191	4016	63155	-3394
INVILUPPO: SLV		N _{vert}	V _{trasv}	M _{trasv}	V _{long}	M _{long}	M _{torc}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N _{vert} Max	SLV5	41768	3252	-19938	4102	52309	-3490
N _{vert} Min	SLV6	30929	3252	-19938	4102	40677	-3490
V _{trasv} Max	SLV3	37975	10839	-66459	4102	48237	-11632
V _{trasv} Min	SLV6	30929	3252	-19938	4102	40677	-3490
M _{trasv} Max	SLV1	37975	3252	-19938	11900	95982	-3490
M _{trasv} Min	SLV6	34723	10839	-66459	4102	44748	-11632
V _{long} Max	SLV1	37975	3252	-19938	11900	95982	-3490
V _{long} Min	SLV6	30929	3252	-19938	4102	40677	-3490
M _{long} Max	SLV1	37975	3252	-19938	11900	95982	-3490
M _{long} Min	SLV4	30929	3252	-19938	4102	40677	-3490
M _{torc} Max	SLV5	41768	3252	-19938	4102	52309	-3490
M _{torc} Min	SLV4	34723	10839	-66459	4102	44748	-11632

Tabella 43 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	122

INVILUPPO: SLE RA		N_{vert}	V_{trasv}	M_{trasv}	V_{long}	M_{long}	M_{torc}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N _{vert} Max	RA1	42086	546	-7848	3335	55636	-1842
N _{vert} Min	RA12	38674	-234	3224	1803	24464	983
V _{trasv} Max	RA3	41927	640	-9000	3401	55696	-2105
V _{trasv} Min	RA12	38674	-234	3224	1803	24464	983
M _{trasv} Max	RA3	38674	-234	3224	1803	24464	983
M _{trasv} Min	RA12	41927	640	-9000	3401	55696	-2105
V _{long} Max	RA7	40453	265	-6626	3894	54930	2305
V _{long} Min	RA12	38674	-234	3224	1803	24464	983
M _{long} Max	RA12	41927	640	-9000	3401	55696	-2105
M _{long} Min	RA3	38674	-234	3224	1803	24464	983
M _{torc} Max	RA7	40453	265	-6626	3894	54930	2305
M _{torc} Min	RA3	41927	640	-9000	3401	55696	-2105
INVILUPPO: SLE QP		N_{vert}	V_{trasv}	M_{trasv}	V_{long}	M_{long}	M_{torc}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N _{vert} Max	QP1	36349	0	0	760	26031	0
N _{vert} Min	QP12	36349	0	0	410	22185	0
V _{trasv} Max	QP1	36349	0	0	760	26031	0
V _{trasv} Min	QP12	36349	0	0	410	22185	0
M _{trasv} Max	QP1	36349	0	0	760	26031	0
M _{trasv} Min	QP12	36349	0	0	410	22185	0
V _{long} Max	QP1	36349	0	0	760	26031	0
V _{long} Min	QP12	36349	0	0	410	22185	0
M _{long} Max	QP1	36349	0	0	760	26031	0
M _{long} Min	QP12	36349	0	0	410	22185	0
M _{torc} Max	QP1	36349	0	0	760	26031	0
M _{torc} Min	QP12	36349	0	0	410	22185	0

Tabella 44 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	123

11.4 SOLLECITAZIONI MURO PARAGHIAIA

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali (G_{k1}), non strutturali (G_{k2}) e accidentali (Q_{ki}) applicate al muro paraghiaia della spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze F_x (trasversali), F_y (longitudinali), F_z (verticali) e momenti M_x (longitudinali), M_y (trasversali), M_z (torcenti) rispetto al punto G, posto al centro del muro paraghiaia a quota estradosso elevazione, e i rispettivi assi x, y, z come riportato nella figura seguente.

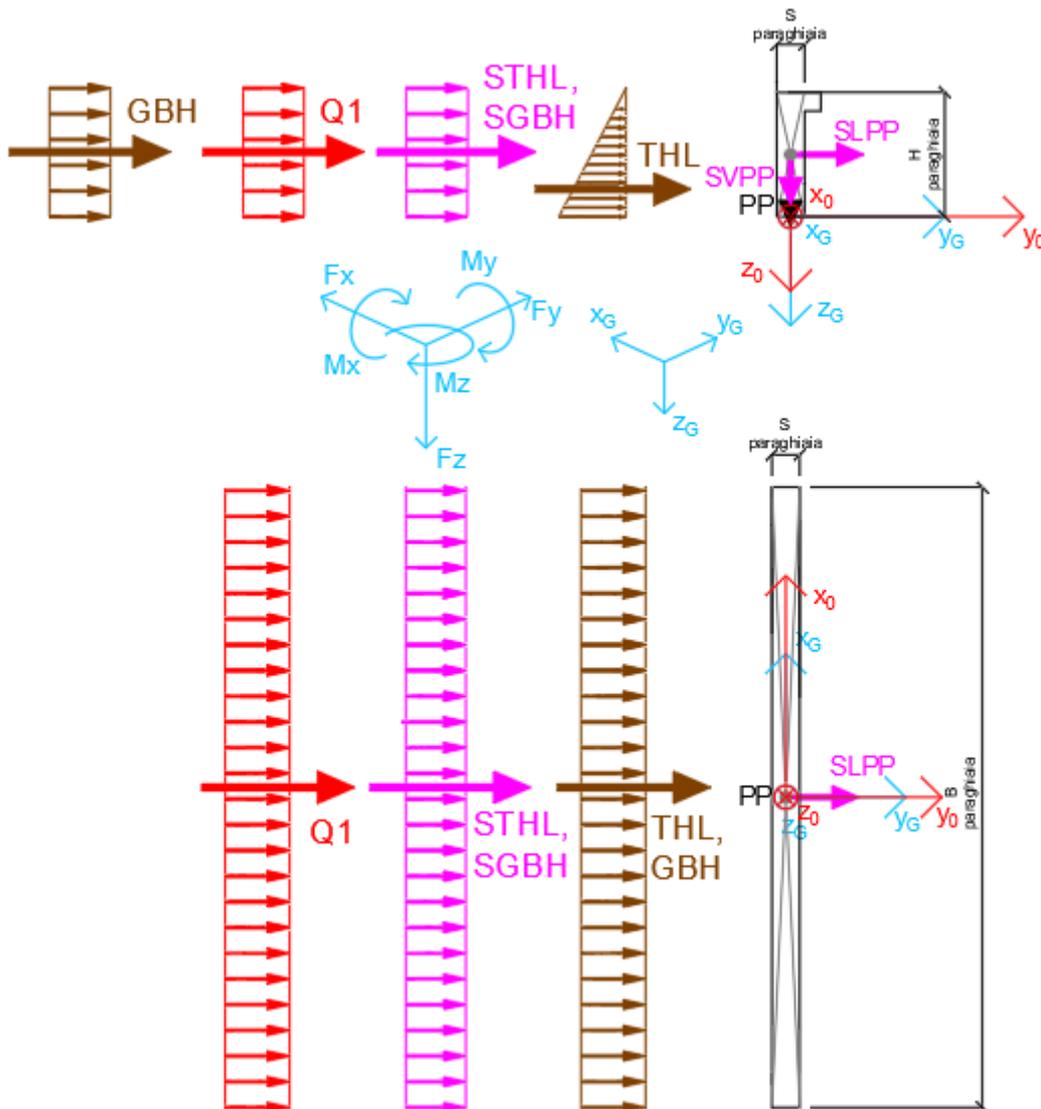


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	124

11.4.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: MURO PARAGHIAIA				CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO													
PGA orizzontale a _g (g)	0.195	Coeff. sismico orizz. k _h		0.2738			Coeff. spinta attiva sismica k _{aE}					0.3834					
Coeff. stratigrafico S _s	1.404	Coeff. sismico vert. k _v		0.1369													
NOME: MURO PARAGHIAIA				CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA													
		F _{x0} (kN)	F _{y0} (kN)	F _{z0} (kN)	x ₀ (m)	y ₀ (m)	z ₀ (m)	M _{x0} (kNm)	M _{y0} (kNm)	M _{z0} (kNm)	F _{xG} (m)	F _{yG} (m)	F _{zG} (m)	M _{xG} (kNm)	M _{yG} (kNm)	M _{zG} (kNm)	
Sisma long	SLPP	0	172	0	0.00	0.00	-1.55	266	0	0	0	172	0	266	0	0	
		0	172	0				266	0	0	0	172	0	266	0	0	
Sisma vert	SVPP	0	0	86	0.00	0.00	-1.55	0	0	0	0	0	86	0	0	0	
		0	0	86				0	0	0	0	0	86	0	0	0	
Sisma ballast long	SGBH	0	81	0	0.00	-0.30	-1.55	125	0	0	0	81	0	125	0	0	
		0	81	0				125	0	0	0	81	0	125	0	0	
Sisma terreno long	STHL	0	0	0	0.00	-0.30	-1.55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabella 45 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche

NOME: MURO PARAGHIAIA				PARAMETRI DI CALCOLO MURO PARAGHIAIA												
H paraghiaia (m)	3.10	Carico perm. Gb ballast (kPa)		9.72		Angolo di attrito terreno (°)		38.00		XG elevazione		0.00				
S paraghiaia (m)	0.60	Carico variab. Q LM71 (kPa)		56.18		Coeff. spinta attiva statica k _a		0.2379		YG elevazione		0.00				
B paraghiaia (m)	13.50	Peso terreno (kN/m ³)		20.00		Coeff. spinta riposo statica k ₀		0.3843		ZG elevazione		0.00				
NOME: MURO PARAGHIAIA				CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA												
		F _{x0} (kN)	F _{y0} (kN)	F _{z0} (kN)	x ₀ (m)	y ₀ (m)	z ₀ (m)	M _{x0} (kNm)	M _{y0} (kNm)	M _{z0} (kNm)	F _{xG} (m)	F _{yG} (m)	F _{zG} (m)	M _{xG} (kNm)	M _{yG} (kNm)	M _{zG} (kNm)
Peso proprio	PP	0	0	628	0.00	0.00	-1.55	0	0	0	0	0	628	0	0	0
		0	0	628				0	0	0	0	0	628	0	0	0
Ballast	GBH	0	156	0	0.00	-0.30	-1.55	242	0	0	0	156	0	242	0	0
		0	156	0				242	0	0	0	156	0	242	0	0
Spinta terreno	THL	0	0	0	0.00	-0.30	-1.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sovraccarico long	Q1	0	904	0	0.00	-0.30	-1.55	1401	0	0	0	904	0	1401	0	0
		0	904	0				1401	0	0	0	904	0	1401	0	0

Tabella 46 – Riepilogo azioni elementari statiche

Tipo azione	Descrizione azione	V _{trasv} F _x [kN]	V _{long} F _y [kN]	N _{vert} F _z [kN]	M _{long} M _x [kNm]	M _{trasv} M _y [kNm]	M _{torc} M _z [kNm]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	628	0	0	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	0	156	0	242	0	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	0	0	0	0	0	0
Qk1	Q (acc. Traffico)	0	904	0	1401	0	0
E Sisma	Sisma long	0	252	0	391	0	0
	Sisma vert	0	0	86	0	0	0
	-Sisma vert	0	0	-86	0	0	0

Tabella 47 – Risultanti azioni elementari al centro dell'elevazione G (quota estradosso fondazione)

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	125

NomeEnv:	TipoComb:	NumComb:	Comb:	Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio)	Gk2b Ballast-G2,1 (ballast)	Gk2 Perm. Non Str.-G2,2 (terreno)	Qk1-Q (acc. Traffico)	E-Sisma long	E-Sisma vert	E--Sisma vert
SLU	1	1	SLU1	1.35	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
SLU	2	2	SLU2	1.35	1.50	1.50	1.45	0.00	0.00	0.00
SLU	3	3	SLU3	1.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
SLU	4	4	SLU4	1.00	1.50	1.50	1.45	0.00	0.00	0.00
SLU	5	5	SLU5	1.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00
SLV	6	6	SLV1	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.30	0.00
SLV	6	7	SLV2	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.30
SLV	6	8	SLV3	1.00	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	0.00
SLV	6	9	SLV4	1.00	1.00	1.00	0.00	0.30	0.00	1.00
SLE RA	7	10	RA1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
SLE RA	8	11	RA2	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLE QP	8	12	QP1	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLE QP	9	13	QP2	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 48 – Combinazioni di carico adottate

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	126

INVILUPPO: SLU		N _{vert}	V _{long}	M _{long}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
N _{vert} Max	SLU2	847	1545	2394
N _{vert} Min	SLU5	628	1310	2031
V _{long} Max	SLU2	847	1545	2394
V _{long} Min	SLU3	628	234	363
M _{long} Max	SLU2	847	1545	2394
M _{long} Min	SLU3	628	234	363
INVILUPPO: SLV		N _{vert}	V _{long}	M _{long}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
N _{vert} Max	SLV3	714	232	360
N _{vert} Min	SLV4	542	232	360
V _{long} Max	SLV1	654	409	633
V _{long} Min	SLV4	542	232	360
M _{long} Max	SLV1	654	409	633
M _{long} Min	SLV4	542	232	360

Tabella 49 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo

INVILUPPO: SLE RA		N _{vert}	V _{long}	M _{long}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
N _{vert} Max	RA1	628	1060	1643
N _{vert} Min	RA2	628	156	242
V _{long} Max	RA1	628	1060	1643
V _{long} Min	RA2	628	156	242
M _{long} Max	RA1	628	1060	1643
M _{long} Min	RA2	628	156	242
INVILUPPO: SLE QP		N _{vert}	V _{long}	M _{long}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
N _{vert} Max	QP1	628	156	242
N _{vert} Min	QP2	628	0	0
V _{long} Max	QP1	628	156	242
V _{long} Min	QP2	628	0	0
M _{long} Max	QP1	628	156	242
M _{long} Min	QP2	628	0	0

Tabella 50 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	128

Azioni		Ripartizione degli sforzi normali sui pali della palificata												Hmax, singolo palo
Combo		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	Palo n.9	Palo n.10	Palo n.11	Palo n.12	N [kN]
		N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	
Nvert Max	RA1	1232	1348	1465	1582	3540	3657	3774	3891	5849	5966	6082	6199	862
Nvert Min	RA12	2087	2039	1992	1944	3448	3400	3352	3304	4808	4760	4713	4665	732
Vtrasv Max	RA3	1193	1326	1460	1593	3500	3633	3766	3900	5806	5940	6073	6206	868
Vtrasv Min	RA12	2087	2039	1992	1944	3448	3400	3352	3304	4808	4760	4713	4665	732
Mtrasv Max	RA1	2087	2039	1992	1944	3448	3400	3352	3304	4808	4760	4713	4665	732
Mtrasv Min	RA12	1193	1326	1460	1593	3500	3633	3766	3900	5806	5940	6073	6206	868
Vlong Max	RA11	1141	1249	1358	1466	3390	3499	3607	3716	5640	5749	5857	5965	907
Vlong Min	RA8	2087	2039	1992	1944	3448	3400	3352	3304	4808	4760	4713	4665	732
Mlong Max	RA12	1232	1348	1465	1582	3540	3657	3774	3891	5849	5966	6082	6199	862
Mlong Min	RA6	2087	2039	1992	1944	3448	3400	3352	3304	4808	4760	4713	4665	732
Mtorc Max	RA12	1141	1249	1358	1466	3390	3499	3607	3716	5640	5749	5857	5965	907
Mtorc Min	RA3	1193	1326	1460	1593	3500	3633	3766	3900	5806	5940	6073	6206	868
Nvert Max	QP1	1778	1778	1778	1778	3182	3182	3182	3182	4586	4586	4586	4586	645
Nvert Min	QP12	1885	1885	1885	1885	3182	3182	3182	3182	4479	4479	4479	4479	616
Vtrasv Max	QP1	1778	1778	1778	1778	3182	3182	3182	3182	4586	4586	4586	4586	645
Vtrasv Min	QP12	1885	1885	1885	1885	3182	3182	3182	3182	4479	4479	4479	4479	616
Mtrasv Max	QP1	1778	1778	1778	1778	3182	3182	3182	3182	4586	4586	4586	4586	645
Mtrasv Min	QP12	1885	1885	1885	1885	3182	3182	3182	3182	4479	4479	4479	4479	616
Vlong Max	QP1	1778	1778	1778	1778	3182	3182	3182	3182	4586	4586	4586	4586	645
Vlong Min	QP12	1885	1885	1885	1885	3182	3182	3182	3182	4479	4479	4479	4479	616
Mlong Max	QP1	1778	1778	1778	1778	3182	3182	3182	3182	4586	4586	4586	4586	645
Mlong Min	QP12	1885	1885	1885	1885	3182	3182	3182	3182	4479	4479	4479	4479	616
Mtorc Max	QP1	1778	1778	1778	1778	3182	3182	3182	3182	4586	4586	4586	4586	645
Mtorc Min	QP12	1885	1885	1885	1885	3182	3182	3182	3182	4479	4479	4479	4479	616

SLE RA	2039	1992		3657	3774		907
SLE QP	1885	1885		3182	3182		645

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	129

11.5.1 Verifiche a flessione (SLU, SLV, SLE)

Per valutare lo stato di sollecitazione del plinto di fondazione, si considera uno schema di trave a mensola incastrata con luce libera L che va dal filo esterno dell'elevazione spalla fino al bordo libero della fondazione, applicato alla coppia dei pali più sollecitati all'interno della fondazione, con larghezza di collaborazione B determinata dall'interasse tra i pali. La mensola è sollecitata da due azioni verticali N_{Ed1} , N_{Ed2} e da una massima orizzontale H_{Ed} applicate ad una distanza x_1 , x_2 dall'incastro, e stabilizzate dall'azione distribuita del peso proprio strutturale PP e del peso del terreno PT di rinterro del plinto (valutati a favore di sicurezza con coefficiente 1.35 e 1.50).

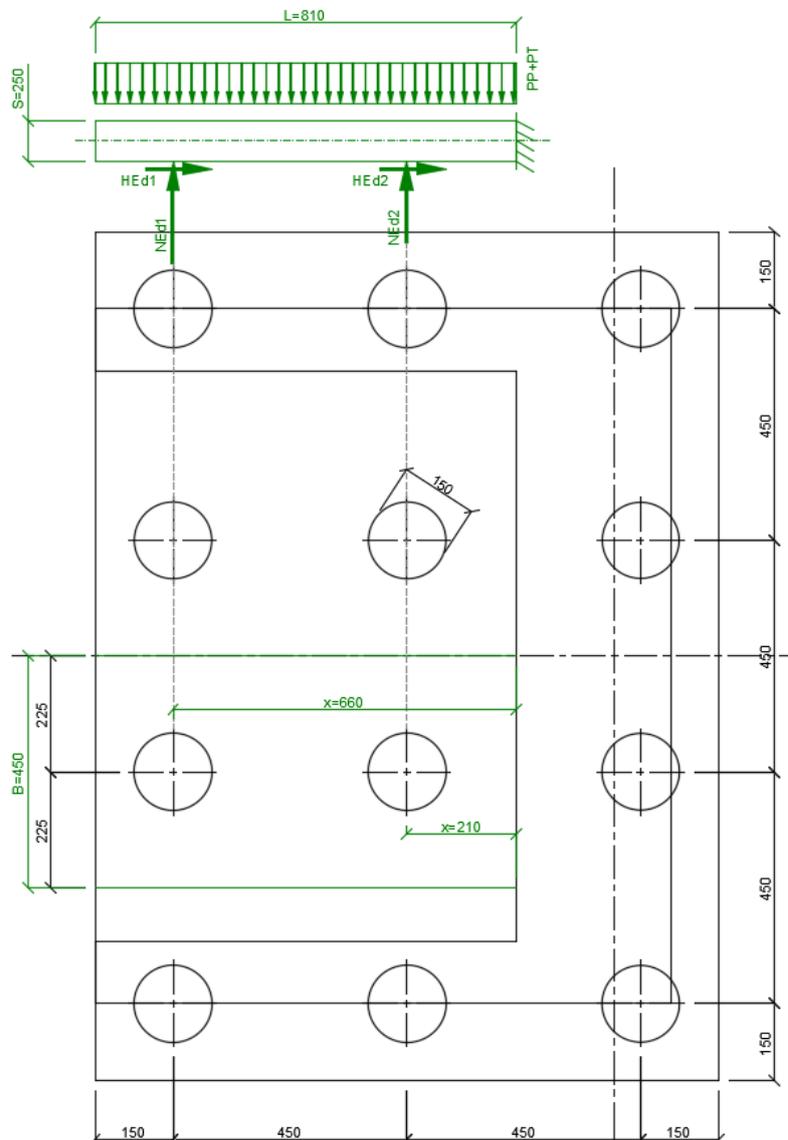
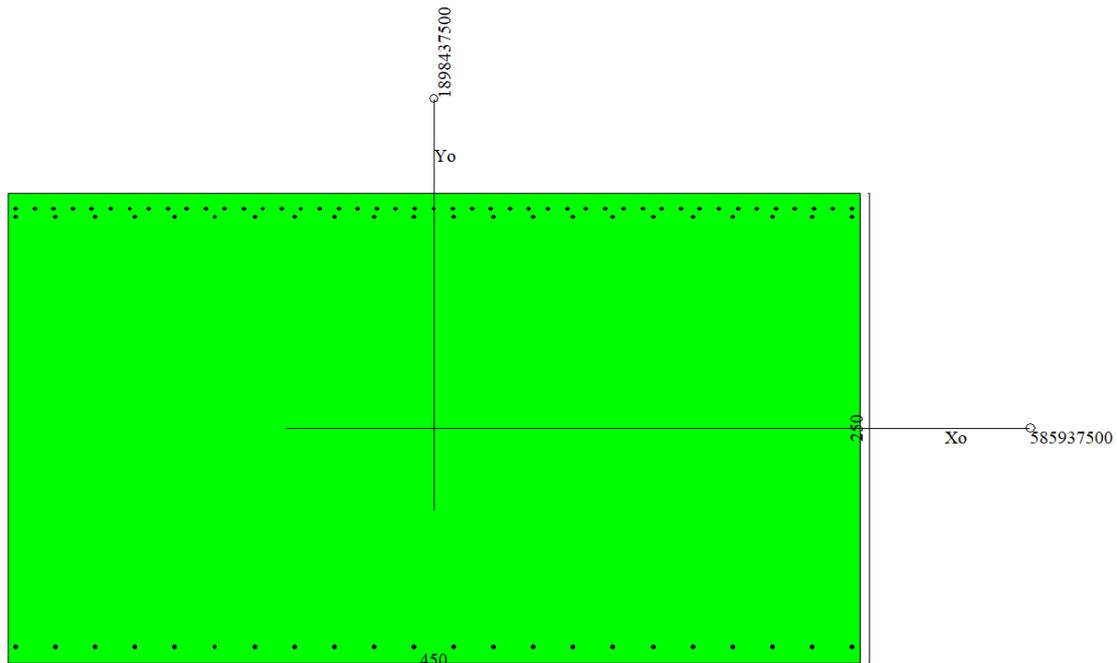


Figura 35 – Schema delle verifiche a flessione del plinto per il palo più caricato

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	130

NOME: PALO 2-6, 3-7			CALCOLO MOMENTI PLINTO			
HT (m)	B (m)	S (m)	PP (kN/m)	PT (kN/m)	L (m)	
7,90	4,50	2,50	281,3	711,0	8,10	
	x (m)		SLU	SLV	SLE RA	SLE QP
Palo 2	6,60	N _{Ed1} (kN)	2636,47	1225,638	2039,369	1885,033
Palo 6	2,10	N _{Ed2} (kN)	5053,639	3507,157	3657,003	3182,253
		H _{Ed1} =H _{Ed2} (kN)	1351,407	1951,578	907,2541	645,121
		M _{Ed} (kNm)	-17740	-14657	-10277	-12620
	x (m)		SLU	SLV	SLE RA	SLE QP
Palo 3	6,60	N _{Ed1} (kN)	2564,834	1677,651	1991,611	1885,033
Palo 7	2,10	N _{Ed2} (kN)	5224,936	3843,711	3773,795	3182,253
		H _{Ed1} =H _{Ed2} (kN)	1351	1952	907	645
		M _{Ed} (kNm)	-17853	-10967	-10347	-12620



Dati

Nome sezione:

SPALLA S2

Tipo sezione

Rettangolare

Base

450,0 [cm]

Altezza

250,0 [cm]

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	131

Caratteristiche geometriche

Area sezione	112500,00 [cmq]	
Inerzia in direzione X	1898437500,0	[cm^4]
Inerzia in direzione Y	585937500,0	[cm^4]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm^4]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 225,00$	[cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 125,00$	[cm]

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	4,20	8,40	24	4,52
2	25,23	8,40	24	4,52
3	46,26	8,40	24	4,52
4	67,29	8,40	24	4,52
5	88,31	8,40	24	4,52
6	109,34	8,40	24	4,52
7	130,37	8,40	24	4,52
8	151,40	8,40	24	4,52
9	172,43	8,40	24	4,52
10	193,46	8,40	24	4,52
11	214,49	8,40	24	4,52
12	235,51	8,40	24	4,52
13	256,54	8,40	24	4,52
14	277,57	8,40	24	4,52
15	298,60	8,40	24	4,52
16	319,63	8,40	24	4,52
17	340,66	8,40	24	4,52
18	361,69	8,40	24	4,52
19	382,71	8,40	24	4,52
20	403,74	8,40	24	4,52
21	424,77	8,40	24	4,52
22	445,80	8,40	24	4,52
23	445,80	241,60	24	4,52
24	435,76	241,60	24	4,52
25	425,73	241,60	24	4,52
26	415,69	241,60	24	4,52
27	405,65	241,60	24	4,52
28	395,62	241,60	24	4,52
29	385,58	241,60	24	4,52
30	375,55	241,60	24	4,52
31	365,51	241,60	24	4,52
32	355,47	241,60	24	4,52
33	345,44	241,60	24	4,52
34	335,40	241,60	24	4,52
35	325,36	241,60	24	4,52
36	315,33	241,60	24	4,52
37	305,29	241,60	24	4,52
38	295,25	241,60	24	4,52
39	285,22	241,60	24	4,52
40	275,18	241,60	24	4,52
41	265,15	241,60	24	4,52

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	132

42	255,11	241,60	24	4,52
43	245,07	241,60	24	4,52
44	235,04	241,60	24	4,52
45	225,00	241,60	24	4,52
46	214,96	241,60	24	4,52
47	204,93	241,60	24	4,52
48	194,89	241,60	24	4,52
49	184,85	241,60	24	4,52
50	174,82	241,60	24	4,52
51	164,78	241,60	24	4,52
52	154,75	241,60	24	4,52
53	144,71	241,60	24	4,52
54	134,67	241,60	24	4,52
55	124,64	241,60	24	4,52
56	114,60	241,60	24	4,52
57	104,56	241,60	24	4,52
58	94,53	241,60	24	4,52
59	84,49	241,60	24	4,52
60	74,45	241,60	24	4,52
61	64,42	241,60	24	4,52
62	54,38	241,60	24	4,52
63	44,35	241,60	24	4,52
64	34,31	241,60	24	4,52
65	24,27	241,60	24	4,52
66	14,24	241,60	24	4,52
67	4,20	241,60	24	4,52
68	445,80	237,20	24	4,52
69	424,77	237,20	24	4,52
70	403,74	237,20	24	4,52
71	382,71	237,20	24	4,52
72	361,69	237,20	24	4,52
73	340,66	237,20	24	4,52
74	319,63	237,20	24	4,52
75	298,60	237,20	24	4,52
76	277,57	237,20	24	4,52
77	256,54	237,20	24	4,52
78	235,51	237,20	24	4,52
79	214,49	237,20	24	4,52
80	193,46	237,20	24	4,52
81	172,43	237,20	24	4,52
82	151,40	237,20	24	4,52
83	130,37	237,20	24	4,52
84	109,34	237,20	24	4,52
85	88,31	237,20	24	4,52
86	67,29	237,20	24	4,52
87	46,26	237,20	24	4,52
88	25,23	237,20	24	4,52
89	4,20	237,20	24	4,52

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	30,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	133

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
M _Y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _X	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _Y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _X	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	0,0000	-17739,5800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	-17852,6500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	0,0000	-14657,0500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	0,0000	-10967,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	0,0000	-10277,1500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	0,0000	-10347,0900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	0,0000	-12620,4100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
8	0,0000	-12620,4100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
X _c	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	X _c	α	(xi; yi)	(xf; yf)
5	57,91	0,00	(450,00; 57,91)	(0,00; 57,91)
6	57,91	0,00	(450,00; 57,91)	(0,00; 57,91)
7	57,91	0,00	(450,00; 57,91)	(0,00; 57,91)
8	57,91	0,00	(450,00; 57,91)	(0,00; 57,91)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
σ _{c-max}	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ _{c-min}	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ _{f-max}	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
σ _{f-min}	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
τ _c	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ _{c-max}	σ _{c-min}	τ _c	σ _{f-max}	σ _{f-min}
5	3,238	0,000	0,000	41,525	-154,050
6	3,260	0,000	0,000	41,808	-155,098
7	3,976	0,000	0,000	50,993	-189,174
8	3,976	0,000	0,000	50,993	-189,174

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	134

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N _u	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M _{Xu}	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M _{Yu}	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>-27285,9695</u>	1,54

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>-27285,9696</u>	1,53

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>-27285,9695</u>	1,86

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>-27285,9695</u>	2,49

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M _X	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M _Y	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ _f	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ _c	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A _{eff}	Area efficace a trazione, espressa in [cm ²]
ε	Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]
S _{fm}	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M _X	M _Y	σ _f	σ _c	A _{eff}	ε	S _{fm}	w
5	0,0000	-9856,6367	-147,747	-10,300	12530,15	0,0396	223	0,1501
6	0,0000	-9856,6367	-147,747	-10,300	12530,15	0,0403	223	0,1529
7	0,0000	-9856,6367	-147,747	-10,300	12530,15	0,0626	223	0,2372
8	0,0000	-9856,6367	-147,747	-10,300	12530,15	0,0626	223	0,2372

Inviluppo verifiche tensionali

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 3 - SPALLA S2

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	3,976	9,960	-13,188	2,558	-189,174	50,993	450,000	7
SLER	3,260	13,695	-10,813	2,558	-155,098	41,808	337,500	6

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	135

Inviluppo verifiche fessurazione

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
Aeff	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 3 - SPALLA S2

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-147,747	-10,300	1228,807	0,0626	222,898	0,237	0,300	7
SLER	-147,747	-10,300	1228,807	0,0403	222,898	0,153	0,300	6

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	136

11.5.2 Verifiche a taglio-punzonamento (SLU, SLV)

La verifica a taglio-punzonamento viene condotta, in accordo con i paragrafi descrittivi iniziali, rispetto al palo di bordo più caricato (quello interno è più carico ma il cono di rottura è più grande) con la massima reazione verticale di $V_{Ed} = 5224.9$ kN, vedi schemi di calcolo seguenti.

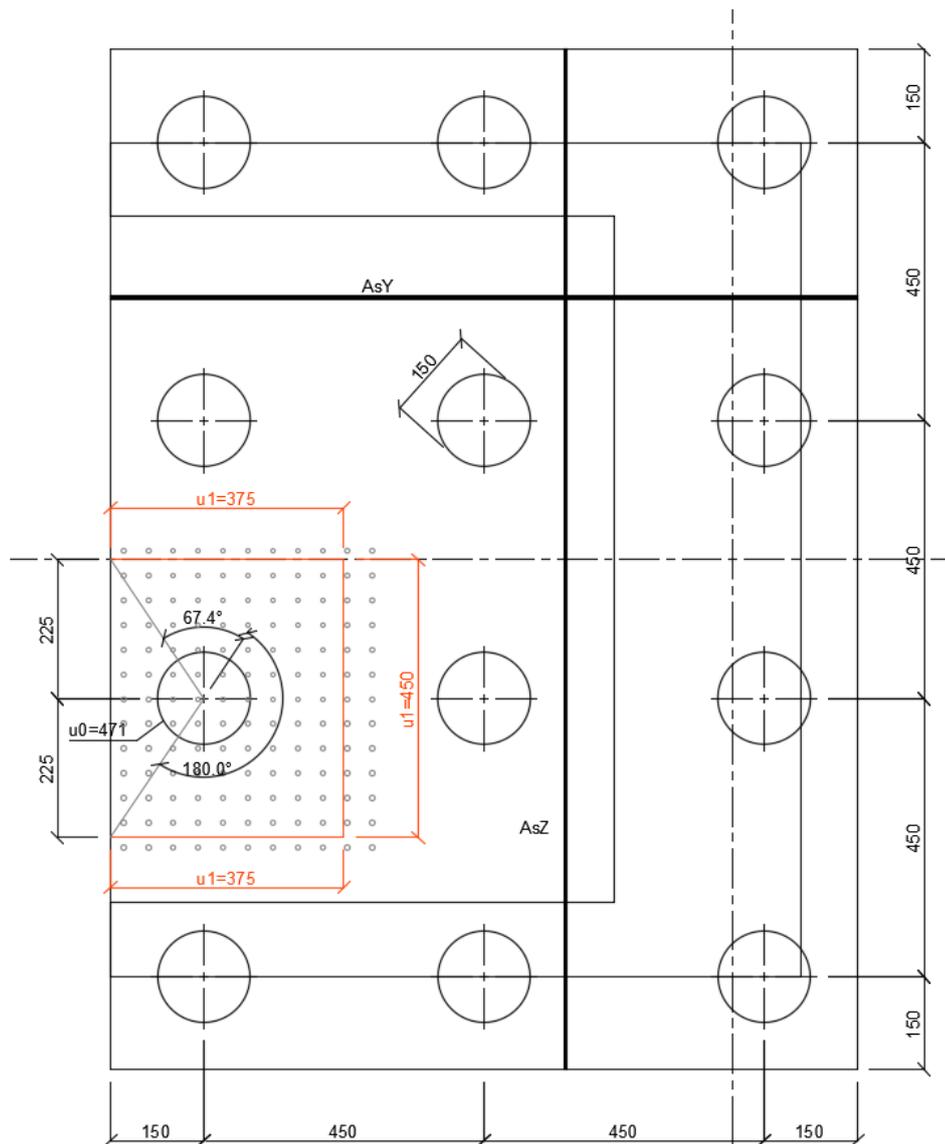


Figura 36 – Schema delle verifiche a taglio-punzonamento per il palo più caricato

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	137

NOME: SPALLA SP2		CALCOLO TAGLIO-PUNZONAMENTO - UNI ENV 1992-1-1: 2005							Rev. 10		
DATI SEZIONE E ARMATURE						AZIONE CALCOLO			CALCESTRUZZO		
	d	A _c	A _s	ρ _l	N _{Ed}	σ _{cp}	V _{Ed}	β	f _{ck}	f _{cd}	γ _c
	(m)	(m ²)	(cm ²)	(%)	(kN)	(MPa)	(kN)		(MPa)	(MPa)	
direzione Y	2,41	2,41	67,82	0,28%	0,0	0,00	5224,9	1,40	24,90	14,11	1,50
direzione Z	2,39	2,39	67,82	0,28%	0,0	0,00					
VERIFICA AREA CARICATA (§6.4.5)											
Verifiche a taglio-punzonamento eseguite sul perimetro u ₁ posto a 0,85d < 2d da bordo pilastro						c	u ₀	v	V _{Ed}	V _{Rd,max}	V _{Ed} /V _{Rd,max}
						(m)	(m)		(MPa)	(MPa)	
						1,50	4,71	0,54	0,65	3,81	17,0% VERIFICA OK
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§6.4.4)											
Angolo settore di verifica (°)	a	k ₁	k	d	ρ _l	V _{min}	σ _{cp}	V _{Ed}	V _{Rd,c}	V _{Ed} /V _{Rd,c}	
	(m)			(m)	(%)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)		
247	2,03	0,10	1,29	2,40	0,28%	0,26	0,00	0,25	0,70	36,3% VERIFICA OK	
A	Perimetro di verifica più esterno che richiede armatura a taglio						Perimetro A (u ₁ con V _{Ed} < V _{Rd,cs})			u ₁ (m)	r _{u1} (m)
B	Primo perimetro di verifica entro il quale non è richiesta armatura a taglio						da bordo pilastro a 0,85d			12,00	2,78
							Perimetro B (u _{out} con V _{Ed} < V _{Rd,c})			u _{out,ef} (m)	r _{min} (m)
							oltre 0,11d da bordo pilastro			4,35	1,01
(*) Staffe / Plioli: n° totale barre su una fila di passo radiale s _r , estesa a u ₁ Ferri piegati: n° totale barre all'interno del campo radiale s _r =1,5d esteso a u ₁											

Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

LINEA PESCARA – BARI

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

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	138

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	139

11.6 VERIFICHE MURO FRONTALE

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni a quota estradosso plinto di fondazione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

11.6.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di $\Phi 24/20$ e nel lato compresso di $\Phi 20/20$ come rappresentato nella figura seguente per un totale di 156 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.

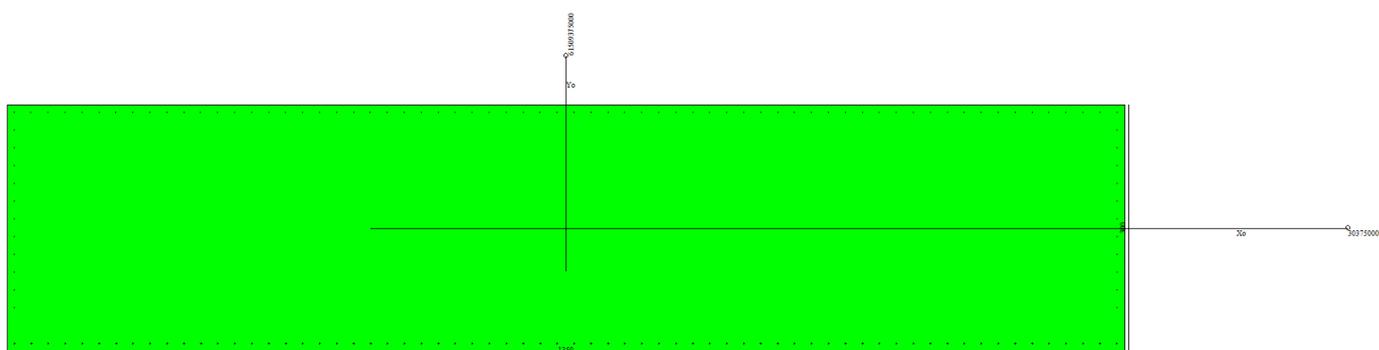


Figura 37 – Sezione trasversale spalla 1 e relativa armatura

Dati

Nome sezione: SEZIONE SPALLA S2

Tipo sezione: Rettangolare
 Base: 1350,0 [cm]
 Altezza: 300,0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione: 405000,00 [cmq]
 Inerzia in direzione X: 61509375000,0 [cm⁴]
 Inerzia in direzione Y: 3037500000,0 [cm⁴]
 Inerzia in direzione XY: 0,0 [cm⁴]
 Ascissa baricentro sezione: $X_G = 675,00$ [cm]
 Ordinata baricentro sezione: $Y_G = 150,00$ [cm]

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine
 N°: numero d'ordine
 X: Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
 Y: Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
 d: Diametro ferro espresso in [mm]
 ω: Area del ferro espresso in [cmq]

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	140

N°	X	Y	d	ω
1	9,20	9,20	24	4,52
2	29,69	9,20	24	4,52
3	50,17	9,20	24	4,52
4	70,66	9,20	24	4,52
5	91,14	9,20	24	4,52
6	111,63	9,20	24	4,52
7	132,12	9,20	24	4,52
8	152,60	9,20	24	4,52
9	173,09	9,20	24	4,52
10	193,58	9,20	24	4,52
11	214,06	9,20	24	4,52
12	234,55	9,20	24	4,52
13	255,03	9,20	24	4,52
14	275,52	9,20	24	4,52
15	296,01	9,20	24	4,52
16	316,49	9,20	24	4,52
17	336,98	9,20	24	4,52
18	357,46	9,20	24	4,52
19	377,95	9,20	24	4,52
20	398,44	9,20	24	4,52
21	418,92	9,20	24	4,52
22	439,41	9,20	24	4,52
23	459,90	9,20	24	4,52
24	480,38	9,20	24	4,52
25	500,87	9,20	24	4,52
26	521,35	9,20	24	4,52
27	541,84	9,20	24	4,52
28	562,33	9,20	24	4,52
29	582,81	9,20	24	4,52
30	603,30	9,20	24	4,52
31	623,78	9,20	24	4,52
32	644,27	9,20	24	4,52
33	664,76	9,20	24	4,52
34	685,24	9,20	24	4,52
35	705,73	9,20	24	4,52
36	726,22	9,20	24	4,52
37	746,70	9,20	24	4,52
38	767,19	9,20	24	4,52
39	787,67	9,20	24	4,52
40	808,16	9,20	24	4,52
41	828,65	9,20	24	4,52
42	849,13	9,20	24	4,52
43	869,62	9,20	24	4,52
44	890,10	9,20	24	4,52
45	910,59	9,20	24	4,52
46	931,08	9,20	24	4,52
47	951,56	9,20	24	4,52
48	972,05	9,20	24	4,52
49	992,54	9,20	24	4,52
50	1013,02	9,20	24	4,52
51	1033,51	9,20	24	4,52
52	1053,99	9,20	24	4,52
53	1074,48	9,20	24	4,52
54	1094,97	9,20	24	4,52
55	1115,45	9,20	24	4,52
56	1135,94	9,20	24	4,52
57	1156,42	9,20	24	4,52
58	1176,91	9,20	24	4,52
59	1197,40	9,20	24	4,52

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	141

60	1217,88	9,20	24	4,52
61	1238,37	9,20	24	4,52
62	1258,86	9,20	24	4,52
63	1279,34	9,20	24	4,52
64	1299,83	9,20	24	4,52
65	1320,31	9,20	24	4,52
66	1340,80	9,20	24	4,52
67	1341,00	291,00	20	3,14
68	1320,51	291,00	20	3,14
69	1300,02	291,00	20	3,14
70	1279,52	291,00	20	3,14
71	1259,03	291,00	20	3,14
72	1238,54	291,00	20	3,14
73	1218,05	291,00	20	3,14
74	1197,55	291,00	20	3,14
75	1177,06	291,00	20	3,14
76	1156,57	291,00	20	3,14
77	1136,08	291,00	20	3,14
78	1115,58	291,00	20	3,14
79	1095,09	291,00	20	3,14
80	1074,60	291,00	20	3,14
81	1054,11	291,00	20	3,14
82	1033,62	291,00	20	3,14
83	1013,12	291,00	20	3,14
84	992,63	291,00	20	3,14
85	972,14	291,00	20	3,14
86	951,65	291,00	20	3,14
87	931,15	291,00	20	3,14
88	910,66	291,00	20	3,14
89	890,17	291,00	20	3,14
90	869,68	291,00	20	3,14
91	849,18	291,00	20	3,14
92	828,69	291,00	20	3,14
93	808,20	291,00	20	3,14
94	787,71	291,00	20	3,14
95	767,22	291,00	20	3,14
96	746,72	291,00	20	3,14
97	726,23	291,00	20	3,14
98	705,74	291,00	20	3,14
99	685,25	291,00	20	3,14
100	664,75	291,00	20	3,14
101	644,26	291,00	20	3,14
102	623,77	291,00	20	3,14
103	603,28	291,00	20	3,14
104	582,78	291,00	20	3,14
105	562,29	291,00	20	3,14
106	541,80	291,00	20	3,14
107	521,31	291,00	20	3,14
108	500,82	291,00	20	3,14
109	480,32	291,00	20	3,14
110	459,83	291,00	20	3,14
111	439,34	291,00	20	3,14
112	418,85	291,00	20	3,14
113	398,35	291,00	20	3,14
114	377,86	291,00	20	3,14
115	357,37	291,00	20	3,14
116	336,88	291,00	20	3,14
117	316,38	291,00	20	3,14
118	295,89	291,00	20	3,14
119	275,40	291,00	20	3,14

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	142

120	254,91	291,00	20	3,14
121	234,42	291,00	20	3,14
122	213,92	291,00	20	3,14
123	193,43	291,00	20	3,14
124	172,94	291,00	20	3,14
125	152,45	291,00	20	3,14
126	131,95	291,00	20	3,14
127	111,46	291,00	20	3,14
128	90,97	291,00	20	3,14
129	70,48	291,00	20	3,14
130	49,98	291,00	20	3,14
131	29,49	291,00	20	3,14
132	9,00	291,00	20	3,14
133	1341,00	30,69	20	3,14
134	1341,00	52,38	20	3,14
135	1341,00	74,08	20	3,14
136	1341,00	95,77	20	3,14
137	1341,00	117,46	20	3,14
138	1341,00	139,15	20	3,14
139	1341,00	160,85	20	3,14
140	1341,00	182,54	20	3,14
141	1341,00	204,23	20	3,14
142	1341,00	225,92	20	3,14
143	1341,00	247,62	20	3,14
144	1341,00	269,31	20	3,14
145	9,00	269,31	20	3,14
146	9,00	247,62	20	3,14
147	9,00	225,92	20	3,14
148	9,00	204,23	20	3,14
149	9,00	182,54	20	3,14
150	9,00	160,85	20	3,14
151	9,00	139,15	20	3,14
152	9,00	117,46	20	3,14
153	9,00	95,77	20	3,14
154	9,00	74,08	20	3,14
155	9,00	52,38	20	3,14
156	9,00	30,69	20	3,14

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,924	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in[kN]
M _y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _x	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	143

T_y taglio lungo Y espresso in [kN]
 T_x taglio lungo X espresso in [kN]
 VD verifica di dominio
 VT verifica tensoriale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _y	M _x	M _t	T _y	T _x	VD	VT
1	22153,3900	15461,9800	-7997,6600	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	12405,6800	1291,3500	3290,4000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	12405,6800	3598,4400	3290,4000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	19641,8800	14349,8300	-9078,2300	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	15001,7300	22610,0800	-7312,2600	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
6	15126,2200	783,5600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
7	14899,2500	-21510,6400	11980,5800	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
8	10530,8500	-21510,6400	8493,9400	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
9	13370,3100	-6453,1900	25817,7000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
10	10530,8500	-21510,6400	8493,9400	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
11	13370,3100	-6453,1900	25817,7000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
12	10530,8500	-21510,6400	8493,9400	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
13	15920,4400	-5446,2600	13506,1100	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
14	12508,8000	2193,6000	1353,2200	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
15	12508,8000	2193,6000	1353,2200	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
16	15761,7600	-6184,3100	13846,5000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
17	14287,8000	-5460,3400	16217,1200	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
18	12508,8000	2193,6000	1353,2200	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
19	12715,0500	0,0000	3784,0700	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
20	12715,0500	0,0000	1476,9700	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
21	12715,0500	0,0000	3784,0700	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
22	12715,0500	0,0000	1476,9700	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
23	12715,0500	0,0000	3784,0700	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
24	12715,0500	0,0000	1476,9700	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 Xc posizione asse neutro espresso in [cm]
 α inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
 (xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
13	460,45	7,25	(1350,00; 464,15)	(-2300,84; 0,00)
14	599,64	-1,74	(-18389,22; 300,00)	(1350,00; -299,91)
15	599,64	-1,74	(-18389,22; 300,00)	(1350,00; -299,91)
16	422,95	6,55	(1350,00; 425,72)	(-2360,15; 0,00)
17	450,17	8,67	(1350,00; 455,37)	(-1637,34; 0,00)
18	599,64	-1,74	(-18389,22; 300,00)	(1350,00; -299,91)
19	5591,75	-72,86	(-4501,73; 300,00)	(1350,00; -18670,98)
20	10935,42	-51,68	(-12588,03; 300,00)	(1350,00; -17336,79)
21	5591,75	-72,86	(-4501,73; 300,00)	(1350,00; -18670,98)
22	10935,42	-51,68	(-12588,03; 300,00)	(1350,00; -17336,79)
23	5591,75	-72,86	(-4501,73; 300,00)	(1350,00; -18670,98)
24	10935,42	-51,68	(-12588,03; 300,00)	(1350,00; -17336,79)

Risultati tensoriali

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	144

σ_{c-max} Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
 σ_{c-min} Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
 σ_{f-max} Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
 σ_{f-min} Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
 τ_c Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ_{c-max}	σ_{c-min}	τ_c	σ_{f-max}	σ_{f-min}
13	0,781	0,000	0,000	11,448	0,067
14	0,423	0,000	0,000	6,245	2,837
15	0,423	0,000	0,000	6,245	2,837
16	0,816	0,000	0,000	11,942	-0,550
17	0,774	0,000	0,000	11,334	-1,020
18	0,423	0,000	0,000	6,245	2,837
19	0,351	0,000	0,000	5,248	3,973
20	0,326	0,000	0,000	4,883	4,338
21	0,351	0,000	0,000	5,248	3,973
22	0,326	0,000	0,000	4,883	4,338
23	0,351	0,000	0,000	5,248	3,973
24	0,326	0,000	0,000	4,883	4,338

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 N_u Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
 M_{Xu} Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
 M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>417769,6686</u>	<u>-150820,2477</u>	<u>291582,7447</u>	18,86
<u>731339,1535</u>	<u>-264022,8829</u>	15461,9800	33,01
<u>425482,3881</u>	-7997,6600	<u>296965,8448</u>	19,21
<u>768634,2451</u>	-7997,6600	15461,9800	34,70
22153,3900	<u>-276989,3834</u>	15461,9800	34,63
22153,3900	<u>-34994,5312</u>	<u>67655,3820</u>	4,38
22153,3900	-7997,6600	<u>67794,6351</u>	4,38

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>708489,3079</u>	187914,9888	<u>73749,0946</u>	57,11
<u>746953,7054</u>	<u>198117,0296</u>	1291,3500	60,21
<u>716348,1649</u>	3290,4000	<u>74567,1501</u>	57,74
<u>780017,1850</u>	3290,4000	1291,3500	62,88
12405,6800	<u>219857,7488</u>	1291,3500	66,82
12405,6800	<u>133157,2528</u>	<u>52258,8799</u>	40,47
12405,6800	3290,4000	<u>54592,1139</u>	42,28

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>609381,8538</u>	<u>161628,3873</u>	<u>176759,6809</u>	49,12
<u>746709,4762</u>	<u>198052,2519</u>	3598,4400	60,19
<u>615586,8239</u>	3290,4000	<u>178559,5188</u>	49,62
<u>778236,2114</u>	3290,4000	3598,4400	62,73
12405,6800	<u>220026,7419</u>	3598,4400	66,87
12405,6800	<u>49653,8878</u>	<u>54302,3754</u>	15,09
12405,6800	3290,4000	<u>54592,1139</u>	15,17

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	145

Combinazione n° 4

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	<u>FS</u>
<u>401003,1441</u>	<u>-185338,6118</u>	<u>292962,1272</u>	20,42
<u>717505,8833</u>	<u>-331622,1988</u>	14349,8300	36,53
<u>411704,9270</u>	<u>-9078,2300</u>	<u>300780,5624</u>	20,96
<u>769539,5956</u>	<u>-9078,2300</u>	14349,8300	39,18
<u>19641,8800</u>	<u>-262322,8906</u>	14349,8300	28,90
<u>19641,8800</u>	<u>-40632,9070</u>	<u>64227,8624</u>	4,48
<u>19641,8800</u>	<u>-9078,2300</u>	<u>64411,7290</u>	4,49

Combinazione n° 5

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	<u>FS</u>
<u>126359,4597</u>	<u>-61591,1113</u>	<u>190444,5348</u>	8,42
<u>712479,7632</u>	<u>-347282,4316</u>	22610,0800	47,49
<u>127478,6532</u>	<u>-7312,2600</u>	<u>192131,3441</u>	8,50
<u>762653,4615</u>	<u>-7312,2600</u>	22610,0800	50,84
<u>15001,7300</u>	<u>-232310,2531</u>	22610,0800	31,77
<u>15001,7300</u>	<u>-18785,4541</u>	<u>58086,0937</u>	2,57
<u>15001,7300</u>	<u>-7312,2600</u>	<u>58127,8986</u>	2,57

Combinazione n° 6

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	<u>FS</u>
<u>748769,3482</u>	0,0000	<u>38787,3316</u>	49,50
<u>780419,8283</u>	0,0000	783,5600	51,59
<u>15126,2200</u>	0,0000	<u>58309,7694</u>	74,42

Combinazione n° 7

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	<u>FS</u>
<u>126210,0344</u>	<u>101486,2771</u>	<u>-182214,4480</u>	8,47
<u>672693,3240</u>	<u>540916,9041</u>	-21510,6400	45,15
<u>129665,7333</u>	11980,5800	<u>-187203,5780</u>	8,70
<u>771697,3560</u>	11980,5800	-21510,6400	51,79
<u>14899,2500</u>	<u>227685,0584</u>	-21510,6400	19,00
<u>14899,2500</u>	<u>26760,4440</u>	<u>-48047,2796</u>	2,23
<u>14899,2500</u>	11980,5800	<u>-48114,7030</u>	2,24

Combinazione n° 8

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	<u>FS</u>
<u>40050,6472</u>	<u>32303,9255</u>	<u>-81808,6910</u>	3,80
<u>672383,0245</u>	<u>542328,5933</u>	-21510,6400	63,85
<u>40213,4789</u>	8493,9400	<u>-82141,2960</u>	3,82
<u>771745,0418</u>	8493,9400	-21510,6400	73,28
<u>10530,8500</u>	<u>200851,5693</u>	-21510,6400	23,65
<u>10530,8500</u>	<u>16610,0710</u>	<u>-42064,4905</u>	1,96
<u>10530,8500</u>	8493,9400	<u>-42091,2307</u>	1,96

Combinazione n° 9

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	<u>FS</u>
<u>413359,4246</u>	<u>798185,6529</u>	<u>-199508,2317</u>	30,92
<u>545902,2339</u>	<u>1054122,1635</u>	-6453,1900	40,83
<u>527853,6097</u>	25817,7000	<u>-254768,9347</u>	39,48
<u>780310,9189</u>	25817,7000	-6453,1900	58,36
<u>13370,3100</u>	<u>224419,4249</u>	-6453,1900	8,69
<u>13370,3100</u>	<u>167475,4766</u>	<u>-41860,8579</u>	6,49
<u>13370,3100</u>	25817,7000	<u>-45946,7128</u>	7,12

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	146

Combinazione n° 10

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>40050,6472</u>	<u>32303,9255</u>	<u>-81808,6910</u>	3,80
<u>672383,0245</u>	<u>542328,5933</u>	<u>-21510,6400</u>	63,85
<u>40213,4789</u>	8493,9400	<u>-82141,2960</u>	3,82
<u>771745,0418</u>	8493,9400	-21510,6400	73,28
10530,8500	<u>200851,5693</u>	-21510,6400	23,65
10530,8500	<u>16610,0710</u>	<u>-42064,4905</u>	1,96
10530,8500	8493,9400	<u>-42091,2307</u>	1,96

Combinazione n° 11

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>413359,4246</u>	<u>798185,6529</u>	<u>-199508,2317</u>	30,92
<u>545902,2339</u>	<u>1054122,1635</u>	-6453,1900	40,83
<u>527853,6097</u>	25817,7000	<u>-254768,9347</u>	39,48
<u>780310,9189</u>	25817,7000	-6453,1900	58,36
13370,3100	<u>224419,4249</u>	-6453,1900	8,69
13370,3100	<u>167475,4766</u>	<u>-41860,8579</u>	6,49
13370,3100	25817,7000	<u>-45946,7128</u>	7,12

Combinazione n° 12

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>40050,6472</u>	<u>32303,9255</u>	<u>-81808,6910</u>	3,80
<u>672383,0245</u>	<u>542328,5933</u>	-21510,6400	63,85
<u>40213,4789</u>	8493,9400	<u>-82141,2960</u>	3,82
<u>771745,0418</u>	8493,9400	-21510,6400	73,28
10530,8500	<u>200851,5693</u>	-21510,6400	23,65
10530,8500	<u>16610,0710</u>	<u>-42064,4905</u>	1,96
10530,8500	8493,9400	<u>-42091,2307</u>	1,96

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M_x	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M_y	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ_f	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ_c	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A_{eff}	Area efficace a trazione, espressa in [cm ²]
ϵ	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
S_{rm}	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M_x	M_y	σ_f	σ_c	A_{eff}	ϵ	S_{rm}	w
13	86861,1699	-35026,2596	-328,564	-22,622	106845,18	0,0000	0	0,0000
14	28755,9250	46614,0000	-369,910	-25,595	66068,06	0,0000	0	0,0000
15	28755,9250	46614,0000	-369,910	-25,595	66068,06	0,0000	0	0,0000
16	81148,0623	-36243,4386	-339,625	-23,399	93451,36	0,0000	0	0,0000
17	95617,6599	-32194,6765	-341,888	-23,490	115687,25	0,0000	0	0,0000
18	28755,9250	46614,0000	-369,910	-25,595	66068,06	0,0000	0	0,0000
19	233429,8181	0,0000	-665,831	-44,786	160358,71	0,0000	0	0,0000
20	233435,1085	0,0000	-665,852	-44,788	160358,72	0,0000	0	0,0000
21	233429,8181	0,0000	-665,831	-44,786	160358,71	0,0000	0	0,0000
22	233435,1085	0,0000	-665,852	-44,788	160358,72	0,0000	0	0,0000
23	233429,8181	0,0000	-665,831	-44,786	160358,71	0,0000	0	0,0000
24	233435,1085	0,0000	-665,852	-44,788	160358,72	0,0000	0	0,0000

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	147

Inviluppo verifiche a pressoflessione

Simbologia adottata

N	Sforzo normale espresso in [kN]
Mx	Momento in direzione X espresso in [kNm]
My	Momento in direzione Y espresso in [kNm]
Nu	Sforzo normale ultimo espresso in [kN]
Mx,u	Momento ultimo in direzione X espresso in [kNm]
My,u	Momento ultimo in direzione Y espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 1 - SEZIONE SPALLA S2

N	Mx	My	N	Mx,u	My,u	FS	Comb.
10530,85	8493,94	-21510,64	40050,65	32303,93	-81808,69	3.803	8
22153,39	-7997,66	15461,98	731339,15	-264022,88	15461,98	33.013	1
10530,85	8493,94	-21510,64	40213,48	8493,94	-82141,30	3.819	8
22153,39	-7997,66	15461,98	768634,25	-7997,66	15461,98	34.696	1
13370,31	25817,70	-6453,19	13370,31	224419,42	-6453,19	8.692	9
10530,85	8493,94	-21510,64	10530,85	16610,07	-42064,49	1.956	8
10530,85	8493,94	-21510,64	10530,85	8493,94	-42091,23	1.957	8

Inviluppo verifiche tensionali

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 1 - SEZIONE SPALLA S2

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	0,351	14,940	0,264	3,099	3,973	5,248	450,000	19
SLER	0,816	18,260	-0,056	3,099	-0,550	11,942	337,500	16

Inviluppo verifiche fessurazione

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
Aeff	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 1 - SEZIONE SPALLA S2

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-665,831	-44,786	15726,068	0,0000	0,000	0,000	0,200	19
SLER	-328,564	-22,622	10478,099	0,0000	0,000	0,000	0,200	13

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	148

11.6.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni a quota spiccato elevazione (estradosso plinto) per le combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: SLV TRASV				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1	
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO					
b_w	d	θ	$\cotg \theta$	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	f_{ck}	f_{cd}	γ_c			
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)				
3,00	13,41	45,00	1,00	-14899,3	4368,4	11980,6	33,20	18,81	1,50			
$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$												
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)												
	f_{yd}	n	\emptyset	$A_{st,\emptyset}$	A_{st}							
	(MPa)		(mm)	(cm ²)	(cm ²)							
Barre B450C	391,3	14	20	3,14	43,98							
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)												
	A_{st}	k_1	k	ρ_l (%)	V_{min}	σ_{cp}	α_c	V_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}			
	(cm ²)			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)				
	43,98	0,15	1,12	0,01%	0,24	0,37	1,02	11878,7	36,8%	VERIFICA OK		

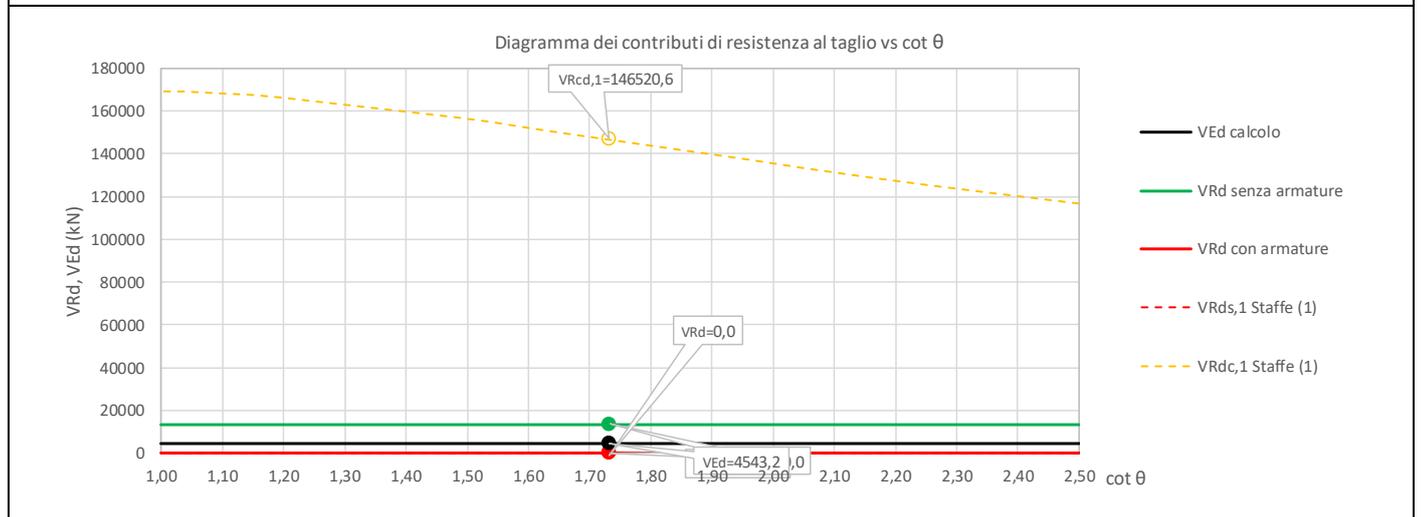
Diagramma dei contributi di resistenza al taglio vs $\cot \theta$

Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	149

NOME: SLV LONG		CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1	
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO			
b_w	d	θ	$\cotg \theta$	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	f_{ck}	f_{cd}	γ_c	
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)		
13,50	2,91	30,00	1,73	-13370,3	4543,2	6453,2	33,20	18,81	1,50	
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$						
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)										
	f_{yd}	n	\emptyset	$A_{s1,\emptyset}$	A_{s1}					
	(MPa)		(mm)	(cm ²)	(cm ²)					
Barre B450C	391,3	66	24	4,52	298,58					
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)										
	A_{s1}	k_1	k	ρ_l (%)	v_{min}	σ_{cp}	α_c	V_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}	
	(cm ²)			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)		
	298,58	0,15	1,26	0,08%	0,29	0,34	1,02	13233,1	34,3%	VERIFICA OK



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	150

11.7 VERIFICHE MURO PARAGHIAIA

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni a quota estradosso elevazione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

11.7.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di $\Phi 16/15$ e nel lato compresso di $\Phi 14/15$ come rappresentato nella figura seguente per un totale di 12 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.

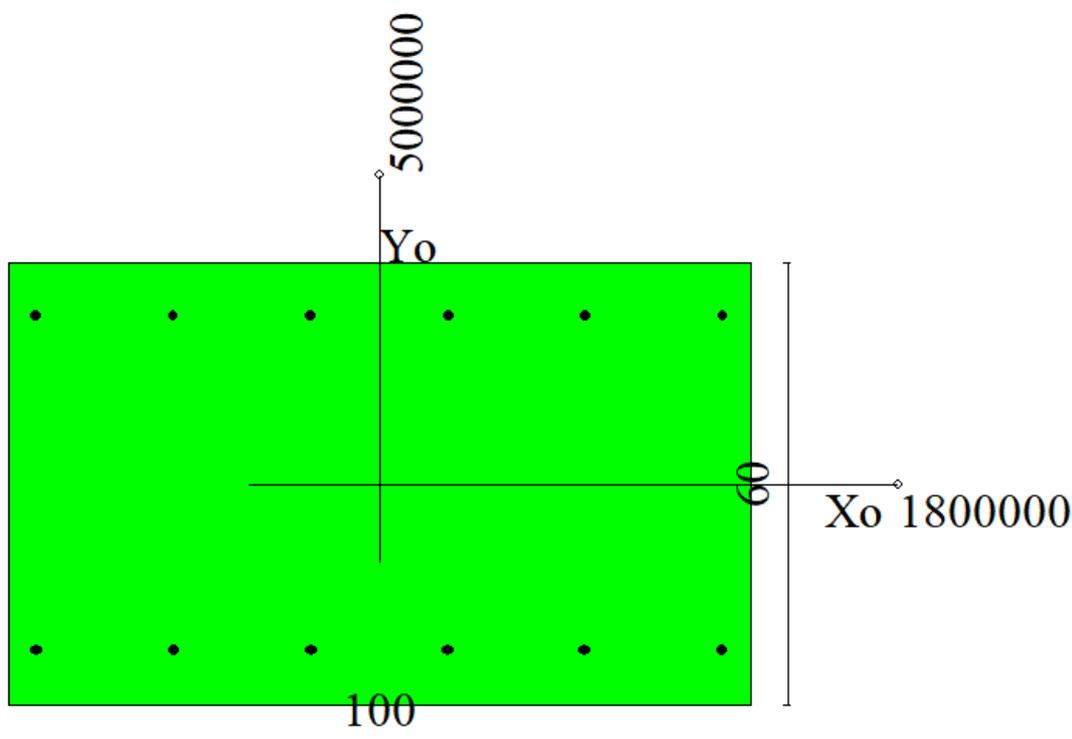


Figura 38 – Sezione trasversale muro paraghiaia e relativa armatura

Dati

Nome sezione:	SEZIONE MURO PARAGHIAIA	
Tipo sezione	Rettangolare	
Base	100,0	[cm]
Altezza	60,0	[cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione	6000,00	[cmq]
Inerzia in direzione X	5000000,0	[cm ⁴]
Inerzia in direzione Y	1800000,0	[cm ⁴]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm ⁴]

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	151

Ascissa baricentro sezione
 Ordinata baricentro sezione

$X_G = 50,00$ [cm]
 $Y_G = 30,00$ [cm]

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N° numero d'ordine
 X Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
 Y Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
 d Diametro ferro espresso in [mm]
 ω Area del ferro espresso in [cm²]

N°	X	Y	d	ω
1	3,80	7,40	16	2,01
2	22,28	7,40	16	2,01
3	40,76	7,40	16	2,01
4	59,24	7,40	16	2,01
5	77,72	7,40	16	2,01
6	96,20	7,40	16	2,01
7	96,30	52,90	14	1,54
8	77,78	52,90	14	1,54
9	59,26	52,90	14	1,54
10	40,74	52,90	14	1,54
11	22,22	52,90	14	1,54
12	3,70	52,90	14	1,54

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo 40,000 [MPa]
 Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo 15,00
 Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso 1,00
 Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio 450,000 [MPa]
 Tensione snervamento acciaio 450,000 [MPa]
 Modulo elastico E 210000,000 [MPa]
 Fattore di incrudimento acciaio 1,00

Combinazioni

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 N sforzo normale espresso in [kN]
 M_Y momento lungo Y espresso in [kNm]
 M_X momento lungo X espresso in [kNm]
 M_t momento torcente espresso in [kNm]
 T_Y taglio lungo Y espresso in [kN]
 T_X taglio lungo X espresso in [kN]
 VD verifica di dominio
 VT verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	62,7800	177,3600	0,0000	0,0000	0,0000	114,4200	SI	NO
2	46,5000	150,4400	0,0000	0,0000	0,0000	97,0600	SI	NO
3	62,7800	177,3600	0,0000	0,0000	0,0000	114,4200	SI	NO
4	46,5000	26,9200	0,0000	0,0000	0,0000	17,3700	SI	NO
5	52,8700	26,6400	0,0000	0,0000	0,0000	17,1900	SI	NO
6	40,1300	26,6400	0,0000	0,0000	0,0000	17,1900	SI	NO

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	152

7	48,4100	46,9300	0,0000	0,0000	0,0000	30,2700	SI	NO
8	40,1300	26,6400	0,0000	0,0000	0,0000	17,1900	SI	NO
9	46,5000	121,7000	0,0000	0,0000	0,0000	78,5100	NO	SLER
10	46,5000	17,9500	0,0000	0,0000	0,0000	11,5800	NO	SLER
11	46,5000	121,7000	0,0000	0,0000	0,0000	78,5100	NO	SLER
12	46,5000	17,9500	0,0000	0,0000	0,0000	11,5800	NO	SLER
13	46,5000	17,9500	0,0000	0,0000	0,0000	11,5800	NO	SLEQP
14	46,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
15	46,5000	17,9500	0,0000	0,0000	0,0000	11,5800	NO	SLEQP
16	46,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
Xc	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
9	12,61	0,00	(0,00; 47,39)	(100,00; 47,39)
10	20,54	0,00	(0,00; 39,46)	(100,00; 39,46)
11	12,61	0,00	(0,00; 47,39)	(100,00; 47,39)
12	20,54	0,00	(0,00; 39,46)	(100,00; 39,46)
13	20,54	0,00	(0,00; 39,46)	(100,00; 39,46)
14	2173,09	0,00	(0,00; -2113,09)	(100,00; -2113,09)
15	20,54	0,00	(0,00; 39,46)	(100,00; 39,46)
16	2173,09	0,00	(0,00; -2113,09)	(100,00; -2113,09)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
σ_{c-max}	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{c-min}	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{f-max}	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
σ_{f-min}	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
τ_c	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ_{c-max}	σ_{c-min}	τ_c	σ_{f-max}	σ_{f-min}
9	3,974	0,000	0,000	26,046	-189,092
10	0,557	0,000	0,000	5,465	-13,038
11	3,974	0,000	0,000	26,046	-189,092
12	0,557	0,000	0,000	5,465	-13,038
13	0,557	0,000	0,000	5,465	-13,038
14	0,075	0,000	0,000	1,116	1,092
15	0,557	0,000	0,000	5,465	-13,038
16	0,075	0,000	0,000	1,116	1,092

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N _u	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M _{Xu}	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M _{Yu}	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	153

Combinazione n° 1

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>94,1114</u>	0,0000	<u>265,8743</u>	1,50
<u>11247,7341</u>	0,0000	177,3600	179,16
62,7800	0,0000	<u>257,7850</u>	1,45

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>81,1462</u>	0,0000	<u>262,5298</u>	1,75
<u>11370,4214</u>	0,0000	150,4400	244,53
46,5000	0,0000	<u>253,5721</u>	1,69

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>94,1114</u>	0,0000	<u>265,8743</u>	1,50
<u>11247,7341</u>	0,0000	177,3600	179,16
62,7800	0,0000	<u>257,7850</u>	1,45

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>734,5928</u>	0,0000	<u>425,2740</u>	15,80
<u>11913,0113</u>	0,0000	26,9200	256,19
46,5000	0,0000	<u>253,5721</u>	9,42

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>939,7454</u>	0,0000	<u>473,5165</u>	17,77
<u>11914,1901</u>	0,0000	26,6400	225,35
52,8700	0,0000	<u>255,2213</u>	9,58

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>586,9437</u>	0,0000	<u>389,6382</u>	14,63
<u>11914,1950</u>	0,0000	26,6400	296,89
40,1300	0,0000	<u>251,9219</u>	9,46

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>338,4312</u>	0,0000	<u>328,0846</u>	6,99
<u>11827,8331</u>	0,0000	46,9300	244,33
48,4100	0,0000	<u>254,0667</u>	5,41

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>586,9437</u>	0,0000	<u>389,6382</u>	14,63
<u>11914,1950</u>	0,0000	26,6400	296,89
40,1300	0,0000	<u>251,9219</u>	9,46

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

Mx Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	154

M_Y Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
 σ_f Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
 σ_c Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
 A_{eff} Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
 ϵ Deformazione media acciaio teso, espressa in [%]
 S_{rm} Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
 w Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M_x	M_y	σ_f	σ_c	A_{eff}	ϵ	S_{rm}	w
9	0,0000	148,9042	-235,611	-18,601	1940,00	0,0000	0	0,0000
10	0,0000	148,9009	-235,605	-18,600	1940,00	0,0000	0	0,0000
11	0,0000	148,9042	-235,611	-18,601	1940,00	0,0000	0	0,0000
12	0,0000	148,9009	-235,605	-18,600	1940,00	0,0000	0	0,0000
13	0,0000	148,9009	-235,605	-18,600	1940,00	0,0000	0	0,0000
14	0,0000	0,0000	1,092	0,073	0,00	0,0000	0	0,0000
15	0,0000	148,9009	-235,605	-18,600	1940,00	0,0000	0	0,0000
16	0,0000	0,0000	1,092	0,073	0,00	0,0000	0	0,0000

Inviluppo verifiche tensionali

Simbologia adottata

TC Tipo combinazione
 scc tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
 scl tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
 sct tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
 sctl tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
 sfc, sft tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
 sf tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
 Comb. Combinazione critica

Sezione n° 1 - SEZIONE MURO PARAGHIAIA

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	0,557	14,940	-1,070	3,099	-13,038	5,465	450,000	13
SLER	3,974	18,260	-14,939	3,099	-189,092	26,046	337,500	9

Inviluppo verifiche fessurazione

Simbologia adottata

TC Tipo combinazione
 sf tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
 sc tensione nel cls espresso in [MPa]
 A_{eff} Area efficace a trazione espresso in [cmq]
 Eps Deformazione espressa in [%]
 sr spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
 w, wl ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
 Comb. Combinazione critica

Sezione n° 1 - SEZIONE MURO PARAGHIAIA

TC	sf	sc	A_{eff}	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-235,605	-18,600	190,252	0,0000	0,000	0,000	0,200	13
SLER	-235,611	-18,601	190,252	0,0000	0,000	0,000	0,200	9

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

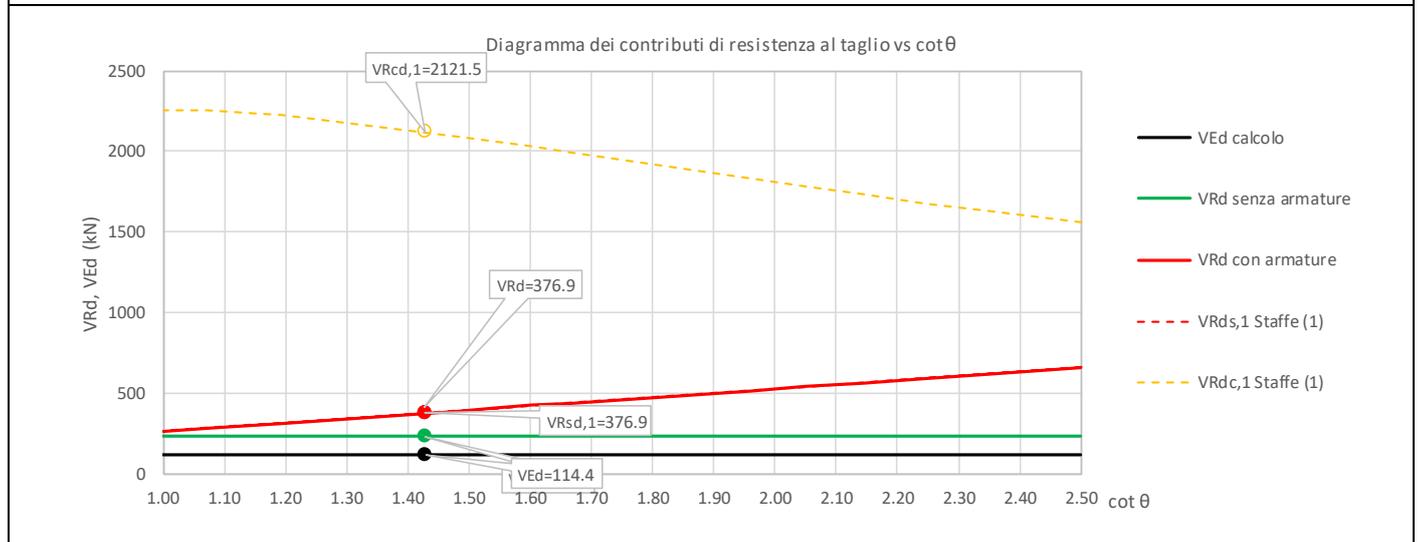
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	155

11.7.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni a quota spiccato muro paraghiaia (estradosso elevazione) per le combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: MURO PARAGHIAIA SP2				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)						Rev. 10.1		
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO					
b_w	d	θ	$\cotg \theta$	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	f_{ck}	f_{cd}	γ_c			
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)				
1.00	0.53	35.00	1.43	-62.8	114.4	177.4	33.20	18.81	1.50			
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$								
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)												
		f_{yd}	n	\varnothing	$A_{sl,\varnothing}$	A_{sl}						
		(MPa)		(mm)	(cm ²)	(cm ²)						
		Barre B450C	391.3	6	16	2.01	12.06					
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)												
		A_{sl}	k_1	k	ρ_l (%)	v_{min}	σ_{cp}	α_c	V_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}		
		(cm ²)			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)			
		12.06	0.15	1.61	0.23%	0.41	0.12	1.01	228.6	50.0%	VERIFICA OK	



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 02 04			PROGR 002	REV B

12. ANALISI CARICHI MODELLO TRASVERSALE SPALLA

12.1 AZIONI PERMANENTI STRUTTURALI (G_1) E NON STRUTTURALI (G_2)

Si riporta a seguire l'analisi dei carichi agenti sul solettone superiore in termini di pesi propri strutturali e non strutturali e carichi accidentali.

Si considera uno spessore costante sia per il solettone che per i muri laterali pari a 1.20m

$g_{1,s} = (1,20 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 30,00 \text{ kN/m}$	Peso solettone
$g_{1,ml} = (1,20 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 30,00 \text{ kN/m}$	Peso muro laterale
$g_{2,c} = (0,21 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 5,25 \text{ kN/m}$	Cordolo
$g_{2,m} = (0,05 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 1,25 \text{ kN/m}$	Massetto
$g_{2,b} = (0,80 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 20 \text{ kN/m}^3 = 16,00 \text{ kN/m}$	Ballast
$g_{2,v} = (0,26 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 6,50 \text{ kN/m}$	Velette
$g_{2,pb+cavd} = (0,36 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 9,00 \text{ kN/m}$	Muretti paraballast + cavidotti
$g_{2,par} = 1,50 \text{ kN/m}$	Parapetto
$g_{2,barr} = (5,00 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 4 \text{ kN/m}^2 = 20,00 \text{ kN/m}$	Barriera antirumore

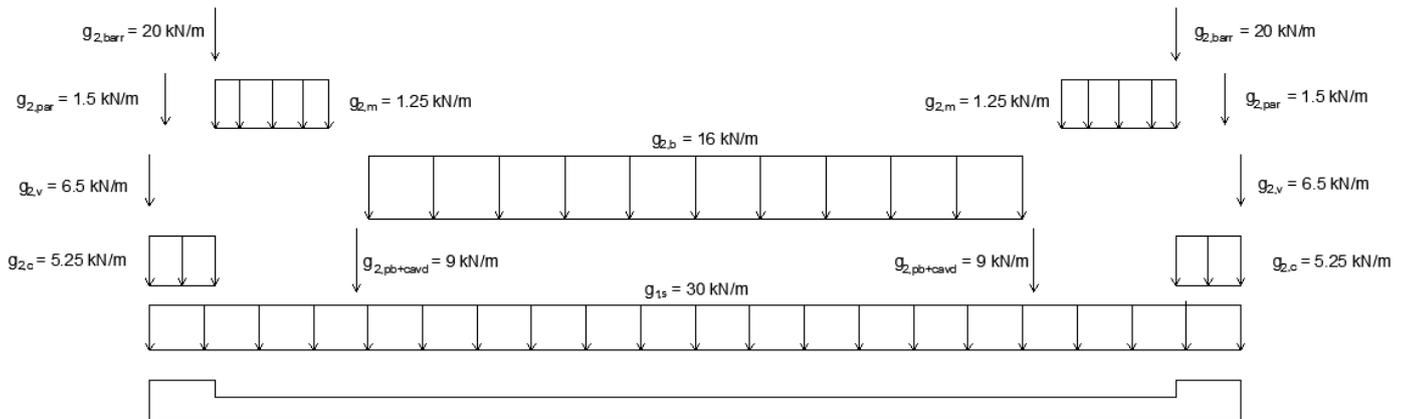


Figura 39 – Schema carichi permanenti.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	157

12.2 AZIONI VARIABILI VERTICALI DA TRAFFICO FERROVIARIO

Le azioni verticali dovute al passaggio dei convogli sull'impalcato sono da definirsi secondo quanto riportato al par §7.5.1 della presente relazione. Tuttavia, nell'ambito dell'analisi trasversale dei carichi, il valore del coefficiente dinamico ϕ_3 da adottarsi nell'amplificazione dei carichi da treno differirà da quello precedentemente calcolato, dovendo in questo caso considerarsi una lunghezza L_ϕ definita in Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1 per il caso 4.1 (solette superiori di impalcato a sezione scatolare nella direzione trasversale alle travi principali), i.e. 3 volte la luce. Si noti che, per questo caso, si assume che la luce del solettone sia pari alla distanza tra i muri laterali, pari cioè a $L = 12.3$ m. Fermo restando queste considerazioni, si ottiene:

$$L_\phi = 36.9 \text{ m}$$

$$\phi_3 = 1.10 (\leq 2.00)$$

$$\phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73 = 1.10$$

12.2.1 Ripartizione trasversale dei carichi

Al fine della valutazione degli effetti locali dei carichi verticali ferroviari sul solettone è necessario operare una distribuzione degli stessi in direzione trasversale, eseguendo una diffusione del carico, a partire dalla larghezza della traversina, $\frac{1}{4}$ attraverso la massicciata ed $\frac{1}{1}$ fino al piano medio di soletta, per una lunghezza pari a:

$$b = (0.80 - 0.26)/4 * 2 + (1.20/2) * 2 + 2.40 = 3.87 \text{ m}$$

laddove si sono considerate le seguenti caratteristiche geometriche:

	[m]
Altezza ballast	0.80
Altezza traversina	0.26
Larghezza traversina	2.40
Altezza soletta	1.20

I carichi relativi al modello LM71 vengono distribuiti secondo lo schema di Fig. 5.2.5 al §5.2.2.3.1.4 delle NTC2008, dal momento che è stata considerata per essi una eccentricità rispetto all'asse del binario pari ad $e = s/18 = 0.08$ m.

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	158

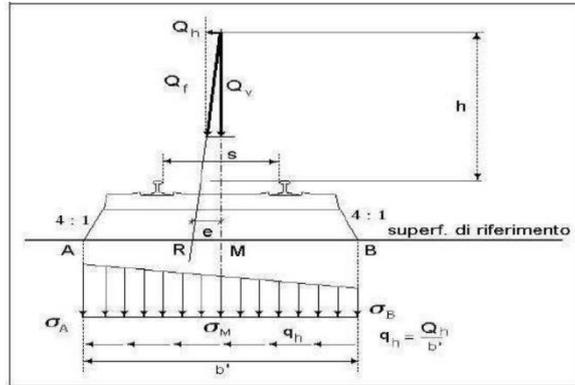


Fig. 5.2.5 Distribuzione trasversale in rettangolo delle azioni per mezzo delle traverse e del ballast. In figura, Q_b rappresenta la forza centrifuga definita al successivo §5.2.2.3.1

Prima di procedere alla ripartizione trasversale dei carichi ferroviari verticali, si è proceduto ad una distribuzione del carico assiale Q_{vk} in direzione longitudinale, suddividendo tale valore per una lunghezza di influenza assunta pari ad 1.6 m, risultando pertanto in un carico uniformemente distribuito in direzione longitudinale pari a 156.25 kN/m per il treno di carico LM71.

In accordo con quanto riportato al par. §7.5.1 della presente relazione, si moltiplicano i valori dei carichi per il coefficiente di adattamento e per quello di incremento dinamico, ottenendo quindi:

TRENO LM71

$$q_1 = 156.25 \text{ kN/m} * 1.10 * 1.1 = 188.67 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato della ripartizione longitudinale del carico Q_{vk}

$$q_2 = 80 \text{ kN/m} * 1.10 * 1.1 = 96.60 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato del carico longitudinale q_{vk}

TRENO SW/2

$$q_3 = 150 \text{ kN/m} * 1.10 * 1.0 = 164.65 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato del carico longitudinale q_{vk}

Ripartendo in direzione trasversale i carichi così ottenuti si ottengono per il treno di carico LM71, fermo restando il dover considerare l'eccentricità $e = 0.08$ m rispetto all'asse del binario e la distribuzione trapezoidale delle tensioni indicati nella Fig. 5.2.5 della NTC08, i seguenti valori:

CARICO q_1

$$\sigma_A = 54.78 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_B = 42.73 \text{ kN/m}^2$$

CARICO q_2

$$\sigma_A = 28.05 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_B = 21.88 \text{ kN/m}^2$$

L'eccentricità non è da considerarsi, invece, per il caso di treno di carico SW/2, per il quale quindi si effettua la ripartizione semplicemente dividendo il valore q_3 per la lunghezza $b = 3.87$ m, risultando dunque in una distribuzione di tensioni sulla soletta pari a:

$$\sigma = 164.64 \text{ kN/m} / 3.87 \text{ m} = 42.55 \text{ kN/m}$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.T.F.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	160

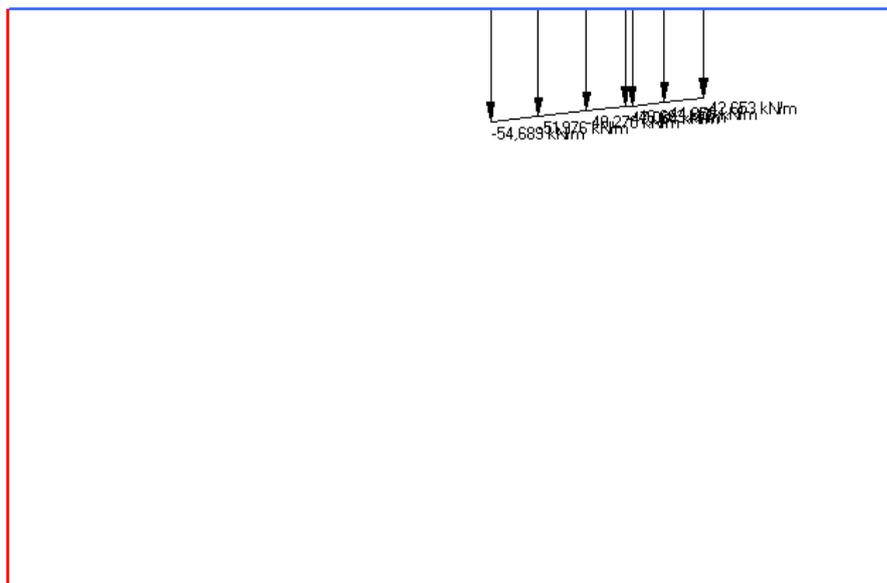


Figura 42 - Azione associate al caso 4 del treno di carico LM71.

12.3 CARICHI SUI MARCIAPIEDI

In accordo con quanto definito al §2.5.1.4.1.6 del Manuale di progettazione delle opere civili, parte II – sezione 2 – ponti e strutture, che riprende le prescrizioni dettate da NTC08 al §5.2.2.3.2, si assume che i marciapiedi non aperti al pubblico siano utilizzati solo dal personale autorizzato. Pertanto, per essi si assume un carico accidentale uniformemente ripartito del valore di 10 kN/m². Questo carico non deve essere considerato contemporaneo al traffico dei convogli ferroviari e deve essere applicato sopra ai marciapiedi in modo da dare luogo agli effetti locali più sfavorevoli.

Per questo tipo di carico non deve applicarsi l'incremento dinamico. Di seguito si riportano le azioni associate al carico sui marciapiedi inserite nel modello FEM:



Figura 43 - Azione associate al carico sui marciapiedi.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 02 04			PROGR 002

12.4 CARICO ECCEZIONALE DOVUTO AL DERAGLIAMENTO

In accordo col §2.5.1.5 del Manuale di progettazione delle opere civili, parte II – sezione 2 – ponti e strutture, che riprende il contenuto del §5.2.2.9.2 delle NTC08, oltre a considerare i modelli di carico verticale da traffico ferroviario, ai fini della verifica della struttura si dovrà tenere conto della possibilità alternativa che un locomotore o un carro pesante deragli, esaminando separatamente le due seguenti situazioni di progetto:

Caso 1: si considerano due carichi verticali lineari $q_{A1d} = 60 \text{ kN/m}$ (comprensivo dell'effetto dinamico) ciascuno. Tali carichi saranno 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. Per questa condizione sono tollerati danni locali, purché possano essere facilmente riparati, mentre sono da evitare danneggiamenti delle strutture portanti principali.

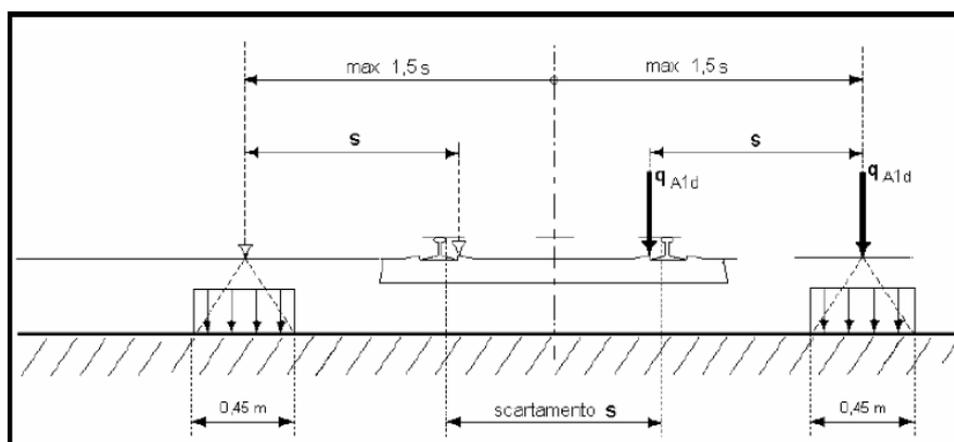


Figura 5.2.12 - Caso 1

Caso 2: si considera un unico carico lineare $q_{A2d} = 80 \text{ kN/m} * 1.4$ esteso per 20,00 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di 1,50 s rispetto all'asse del binario (Fig. 5.2.13). Per questa condizione convenzionale di carico andrà verificata la stabilità globale dell'opera, come il ribaltamento d'impalcato, il collasso della soletta, ecc. Per impalcati metallici con armamento diretto, il caso 2 dovrà essere considerato solo per le verifiche globali.

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	162

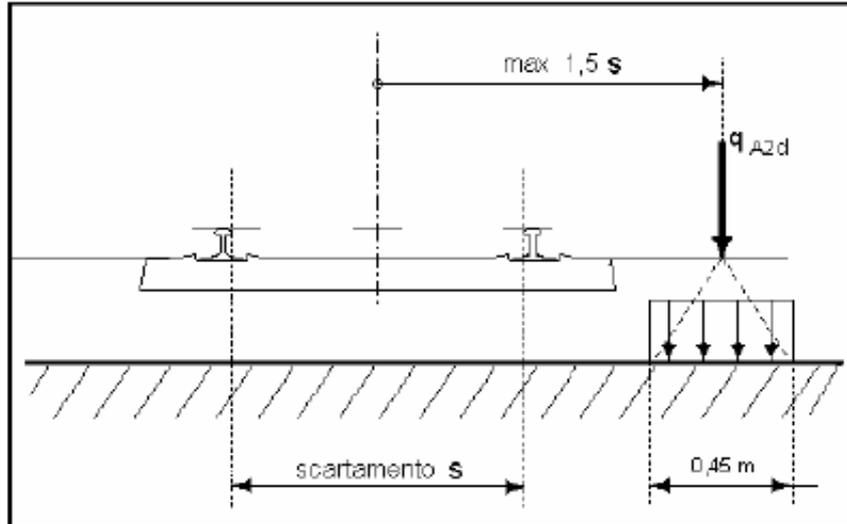


Figura 5.2.13 - Caso 2

Per la considerazione degli effetti locali sulla soletta, il carico per ognuno dei due casi è stato ripartito su una lunghezza di 0.45 m, ottenendo in questo modo:

CASO 1

$$\sigma_1 = 60 \text{ kN/m} / 0.45 \text{ m} = 133.33 \text{ kN/m}^2$$

CASO 2

$$\sigma_1 = 80 \text{ kN/m} * 1.4 / 0.45 \text{ m} = 248.89 \text{ kN/m}^2$$

Di seguito si riportano le azioni associate inserite nel modello FEM:



Figura 44 - Azione associata al caso eccezionale 1 dovuto al deragliamento.

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	163

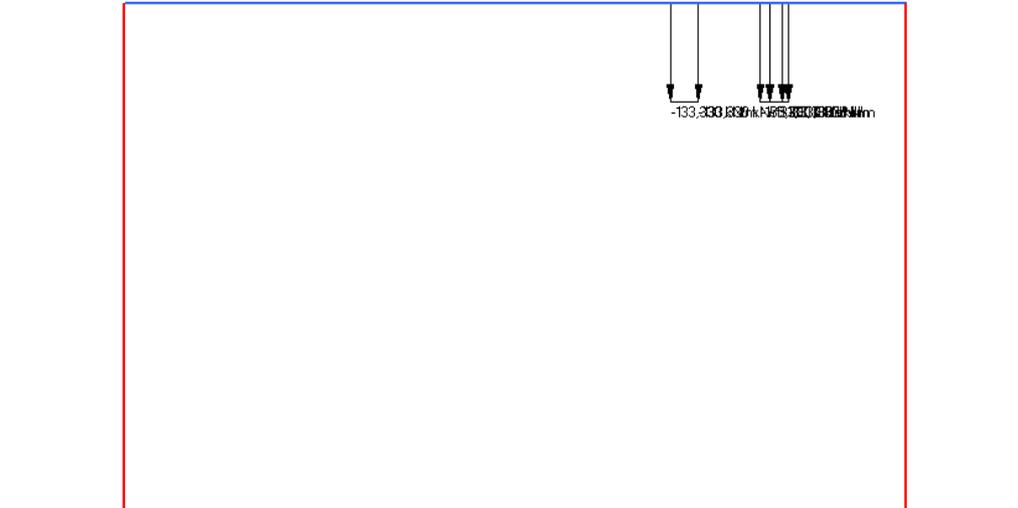


Figura 45 - Azione associata al caso eccezionale 2 dovuto al deragliamento.

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	164

12.5 CARICO DA VENTO SULLA BARRIERA ANTIRUMORE

Per la valutazione dei carichi da vento sulle barriere antirumore e degli effetti che questo tipo di sollecitazione ha sulla soletta, si è ritenuto di modellare tale azione sulla base delle metodologie valide per i muri e i parapetti piani, coerentemente con quanto indicato al §3.3 delle NTC2008 e alle indicazioni del §G.5 delle CNR-DT 207/2008. Si è assunto grado di schermatura $\varphi=1$ ed assenza di schermatura, come riportato nella seguente tabella.

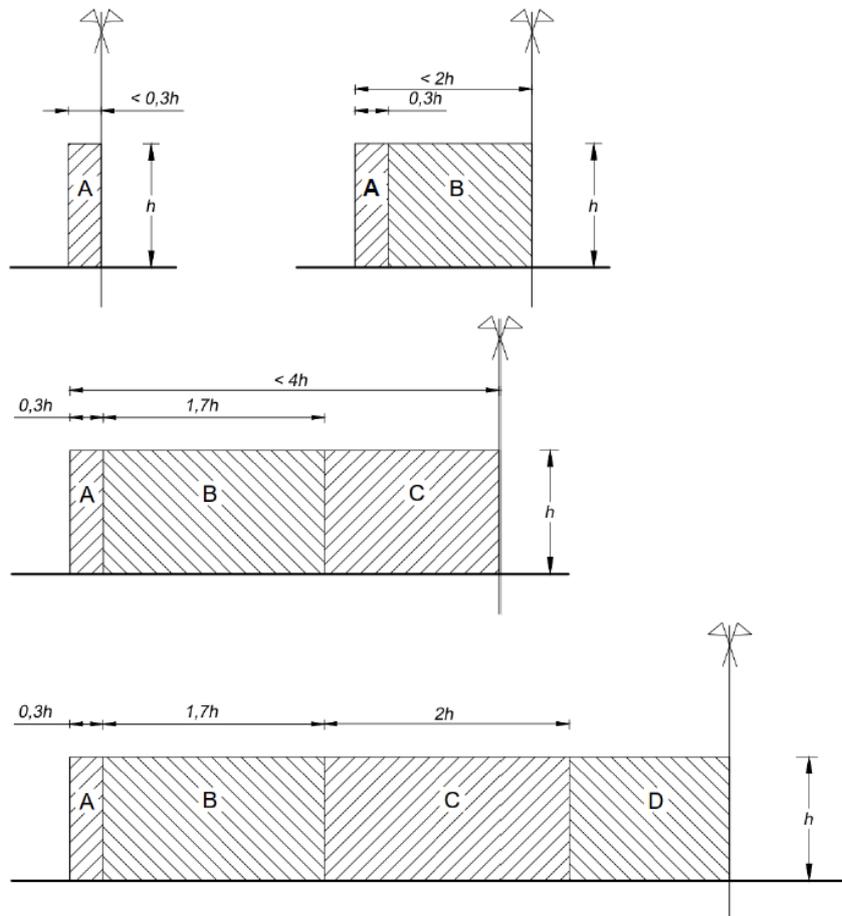


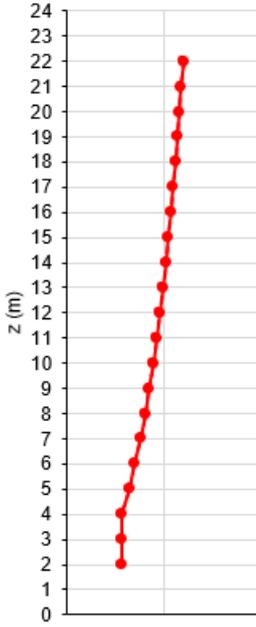
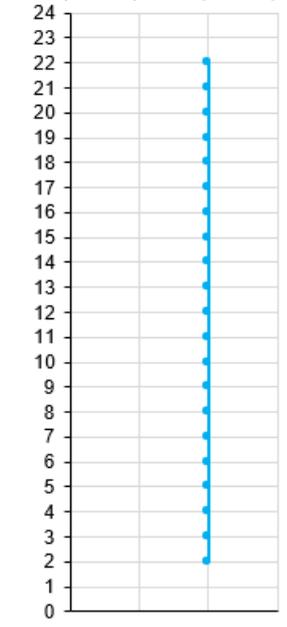
Figura G.21 – Suddivisione di muri e parapetti in aree di uguale pressione compressiva.

Tabella G.X – Coefficienti di pressione compressiva per muri e parapetti.

φ	Chiusura laterale	l/h	A	B	C	D
1,0	no	<3	2,3	1,4	1,2	1,2
		5	2,9	1,8	1,4	
		>10	3,4	2,1	1,7	
	si	tutti	2,1	1,8	1,4	
0,8	si/no	tutti	1,2			

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	165

NOME: barriera antirumore		CALCOLO AZIONI VENTO (CNR DT207 R1/2018)								Rev. 00			
Zona	3 (Tab. 3.I)	Categoria	2 (Tab. 3.II - 3.III)	T_r (anni)	75	tempo ritorno							
$v_{b,0}$ (m/s)	27,0 velocità base liv. mar	k_r	0,19 fattore terreno	c_r	1,04	coeff. tempo ritorno							
a_0 (m)	500 altitudine base	z_0 (m)	0,05 altezza rugosità										
k_a	0,02 fattore altitudine	z_{min} (m)	4,00 altezza minima	c_t	1,00	coeff. Topografia							
a_s (m)	20 altitudine sito	$c_e(z)$	vedi tabella	v_r (m/s)	28,0	velocità rifer. progetto							
c_a	1,00 coeff. altitudine												
		Valori globali		Valori locali		p_n (kN/m ²)		c_{pm}					
z (m)	$c_e(z)$	q_p (N/m ²)	c_{pm}	p_n (kN/m ²)	c_{pm}	p_n (kN/m ²)	0,50	1,50	2,50	0,80	1,00	1,20	1,40
22,00	2,88	1408	1,20	1,69	1,20	1,69							
21,00	2,84	1392	1,20	1,67	1,20	1,67							
20,00	2,81	1376	1,20	1,65	1,20	1,65							
19,00	2,77	1359	1,20	1,63	1,20	1,63							
18,00	2,74	1341	1,20	1,61	1,20	1,61							
17,00	2,70	1322	1,20	1,59	1,20	1,59							
16,00	2,66	1302	1,20	1,56	1,20	1,56							
15,00	2,62	1281	1,20	1,54	1,20	1,54							
14,00	2,57	1258	1,20	1,51	1,20	1,51							
13,00	2,52	1235	1,20	1,48	1,20	1,48							
12,00	2,47	1209	1,20	1,45	1,20	1,45							
11,00	2,41	1182	1,20	1,42	1,20	1,42							
10,00	2,35	1152	1,20	1,38	1,20	1,38							
9,00	2,29	1119	1,20	1,34	1,20	1,34							
8,00	2,21	1083	1,20	1,30	1,20	1,30							
7,00	2,13	1043	1,20	1,25	1,20	1,25							
6,00	2,04	998	1,20	1,20	1,20	1,20							
5,00	1,93	945	1,20	1,13	1,20	1,13							
4,00	1,80	882	1,20	1,06	1,20	1,06							
3,00	1,80	882	1,20	1,06	1,20	1,06							
2,00	1,80	882	1,20	1,06	1,20	1,06							
CALCOLO COEFFICIENTI PRESSIONE MEDIO PER PARETI ESTESE (CNR DT207 R1/2018 §G.5)													
h (m)	5,00 altezza del muro												
l (m)	1,00 lunghezza del muro												
l/h	0,20												
c_{pm} medio	0,00	coeff. pressione medio ponderato per l muro	l (m)	0,00	A	B	C	D	0,00	0,00	0,00	0,00	lunghezze settori
			c_{pm}	2,30	1,40	1,20	1,20	coeff. pressione settori					
c_{pm} globali	1,20	coeff. pressione per verifiche globali	c_{pm} locale	1,20	coeff. pressione per verifiche locali								

Assumendo mediamente $h_1 = 17$ m quota estradosso impalcato e $h_2 = 5$ m l'altezza della barriera antirumore, l'altezza rispetto al suolo del punto considerato, ovvero l'estremo superiore della barriera, è pari a $z = 22$ m. In corrispondenza ad essa si ottiene un valore di pressione cinetica di picco del vento:

$$q_p = 1.41 \text{ kN/m}^2$$

e pressione complessiva risultante:

$$p_n = 1.41 \text{ kN/m}^2 * 1.2 = 1.69 \text{ kN/m}^2.$$

Di seguito si riportano le azioni associate inserite nel modello FEM:

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	166

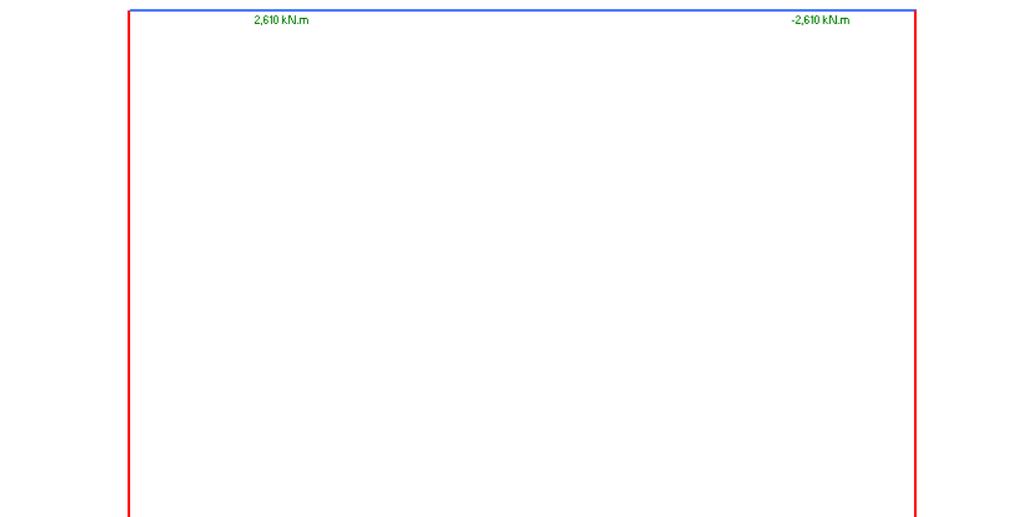


Figura 47 – Azione associata al momento dovuto al carico da vento e l'azione idrodinamica sul muro laterale sinistro.

12.6 AZIONE AERODINAMICA DA TRAFFICO FERROVIARIO

In accordo con le prescrizioni del Manuale di progettazione delle opere civili, parte II – sezione 2 – ponti e strutture, che riporta integralmente il contenuto del §5.2.2.6 delle NTC08, si tiene conto degli effetti, specificatamente onde di pressione e depressione, che il passaggio dei convogli ferroviari determinano sulle superfici poste in prossimità della linea ferroviaria, trattandosi nel caso in esame di barriere antirumore.

Le azioni possono essere schematizzate mediante carichi equivalenti agenti nelle zone prossime alla testa ed alla coda del treno nei casi in cui, in ragione della velocità della linea, non si instaurino amplificazioni dinamiche significative per il comportamento degli elementi strutturali investiti dalle azioni aerodinamiche. Esse dovranno essere utilizzate per il progetto delle barriere e delle relative strutture di sostegno (cordoli, solette, fondazioni, ecc.). I carichi equivalenti sono considerati valori caratteristici delle azioni.

I valori caratteristici dell'azione $\pm q_1k$ relativi a superfici verticali parallele al binario sono forniti in Fig. 5.2.8 del §5.2.2.7.1 delle NTC08 in funzione della distanza a_g dall'asse del binario più vicino.

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	167

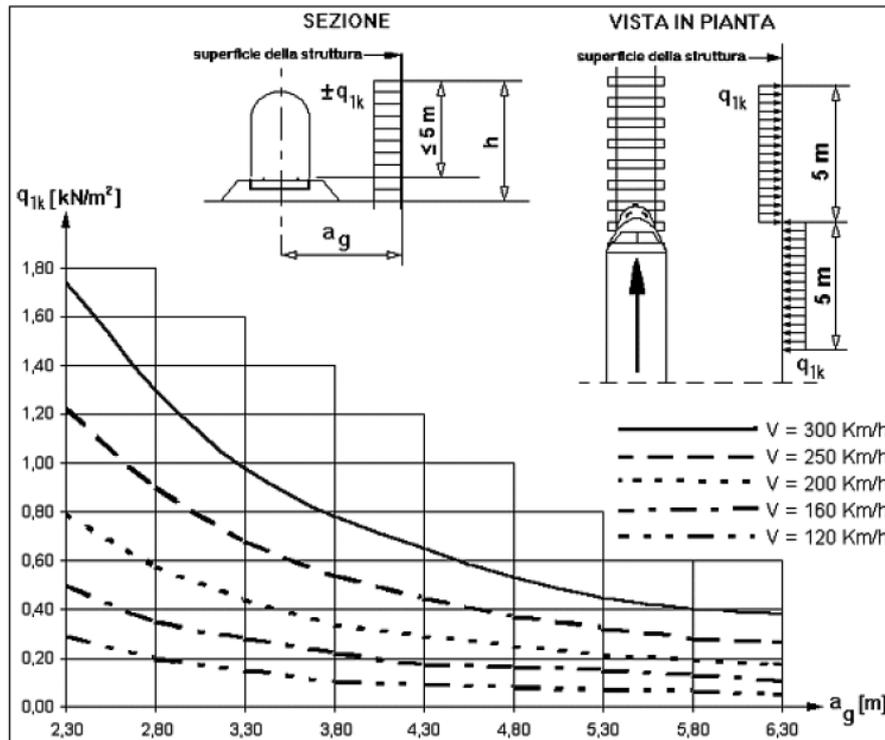


Figura 5.2.8 - Valori caratteristici delle azioni q_{1k} per superfici verticali parallele al binario

Nel caso in esame si ha, per $V = 200$ km/h:

$$a_g = 4.3 \text{ m}$$

$$q_{1k} = 0.30 \text{ kN/m}^2$$

Secondo quanto riportato in §5.2.3.3.2 delle NTC08, in ogni caso le azioni aerodinamiche devono essere cumulate all'azione del vento. L'azione risultante dovrà essere maggiore di un valore minimo, funzione della velocità della linea e comunque maggiore di $1,5 \text{ kN/m}^2$ sia nella verifica agli SLE (combinazione caratteristica) sia nella verifica agli SLU.

Si verifica dunque che:

$$p_{\text{tot}} = p_n + q_{1k} = 1.69 \text{ kN/m}^2 + 0.30 \text{ kN/m}^2 = 1.99 \text{ kN/m}^2 > 1.5 \text{ kN/m}^2$$

pertanto la prescrizione risulta essere soddisfatta.

Ai fini della verifica della soletta, si considera l'azione combinata del vento e dell'azione aerodinamica da traffico. Si calcola dunque una azione tagliante agente alla base della barriera antirumore pari a:

$$F = p_{\text{tot}} * 5 \text{ m} = 1.99 \text{ kN/m}^2 * 5 \text{ m} = 9.95 \text{ kN/m}$$

e un momento agente in corrispondenza della sezione di mezzzeria della soletta pari a:

$$M_z = F * [5 \text{ m} + (0.52 \text{ m} - 0.25 \text{ m}/2)] / 2 = 26.84 \text{ kNm}$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 02 04			PROGR 002

Di seguito si riportano le azioni associate inserite nel modello FEM:

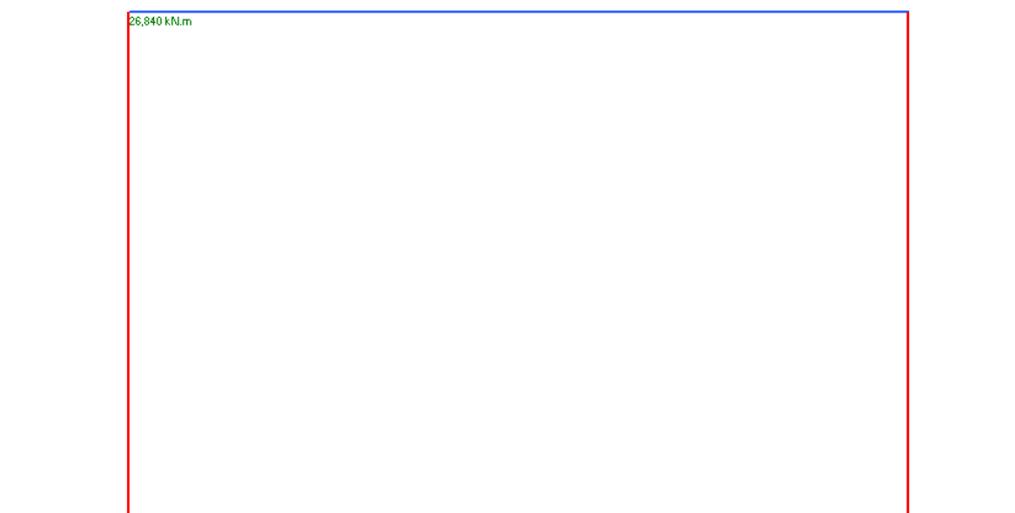


Figura 48 - Azione associata al momento dovuto al carico da vento e l'azione idrodinamica sul muro laterale sinistro.

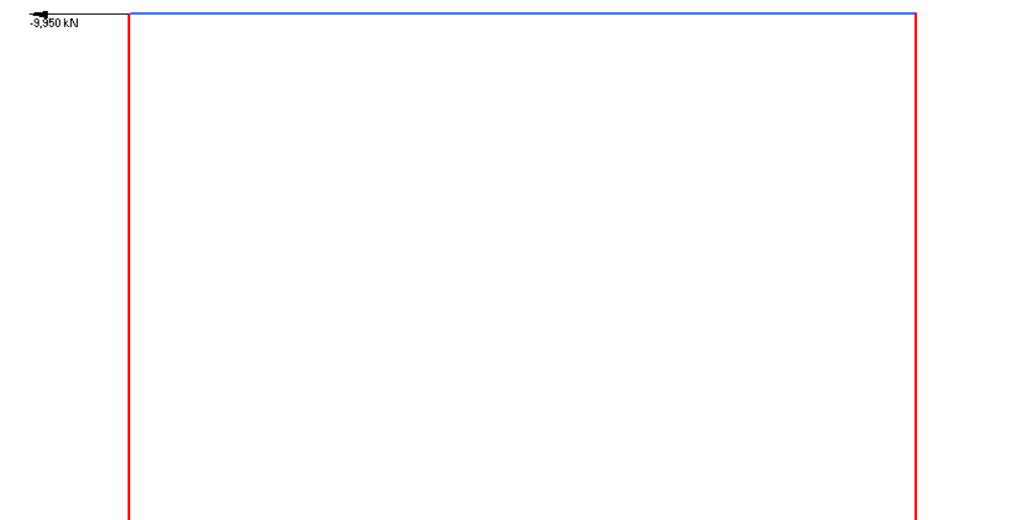


Figura 49 - Azione associata al taglio dovuto al carico da vento e l'azione idrodinamica sul muro laterale sinistro.

12.7 VARIAZIONI TERMICHE (Q₇)

La variazione termica è definita secondo quanto riportato nel § 2.5.1.4.4.1 del “Manuale di progettazione delle opere civili parte II - sezione 2- ponti e strutture” che riprende il § 5.2.2.5.2 delle NTC08.

La variazione termica uniforme volumetrica da considerare per l’impalcato risulta $\pm 15^\circ$, ai fini della valutazione delle escursioni dei giunti e degli appoggi mobili viene incrementata del 50% per una variazione totale di calcolo di $\pm 22.5^\circ\text{C}$.

Di seguito si riportano le azioni inserite nel modello FEM:

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 02 04			PROGR 002

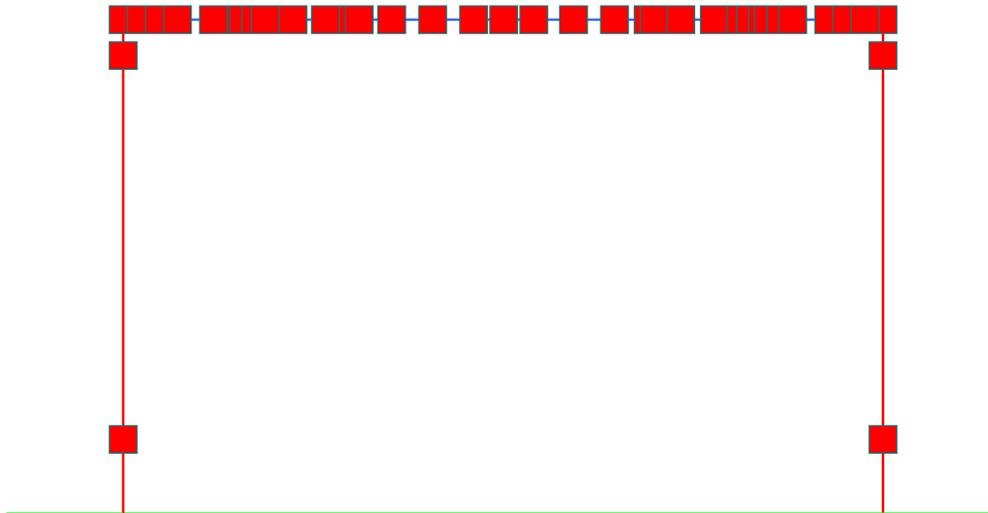


Figura 50 -Variazione temperatura uniforme.



Figura 51 -Gradiente termico.

12.8 DISTORSIONI E DEFORMAZIONI IMPRESSE (P) (E)

12.8.1 Ritiro del calcestruzzo (ϵ_2)

Nome	Tipo	$\gamma_{\epsilon 2}$ (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
RITIRO (ponti ferroviari)	Ritiro, viscosità, cedimenti imposti	EQU 0.00 / 1.20 (A1) 0.00 / 1.20 (A2) 0.00 / 1.00	-	-	-

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	170

Dato che il ritiro dipende dal tempo di maturazione del calcestruzzo, dalla sua resistenza e dalle condizioni ambientali, gli effetti possono evidenziarsi sia in fase di costruzione sulla sezione mista composta da due materiali di diverso modulo elastico (ritiro primario) sia a lungo termine sulla statica globale della struttura (ritiro secondario).

Tab. 11.2.Va – Valori di ε_{c0}

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

Tabella 51 - Valori del parametro ε_{c0} (‰)

Tab. 11.2.Vb – Valori di k_h

h_0 (mm)	k_h
100	1,00
200	0,85
300	0,75
≥ 500	0,70

Tabella 52 - Valori del parametro k_h

Nel caso in oggetto, dato che le sezioni strutturali sono interamente gettate in opera nella stessa fase, si tengono conto nel calcolo degli effetti secondari causati dalle differenze di ritiro tra la fondazione e la soletta, quando alla fine della costruzione si realizza la chiusura della sezione scatolare con il getto della soletta stessa.

Nell'ipotesi a favore di sicurezza di una tempistica di costruzione velocizzata, si analizza nel tempo l'andamento delle deformazioni da ritiro per i due elementi e si considera in progetto il valore a tempo infinito. Questa deformazione, inserita nel modello numerico della sezione scatolare come distorsione di temperatura equivalente, permette il calcolo della reazione iperstatica venuta a formarsi nel tempo.

$$\Delta T = \Delta \varepsilon_{cs} / \alpha = 18.44^\circ \text{ C}$$

$$\Delta \varepsilon_{cs} = 0.00184\% \quad \text{ritiro differenziale di progetto}$$

$$\alpha = 0.00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \quad \text{coefficiente di dilatazione termica}$$

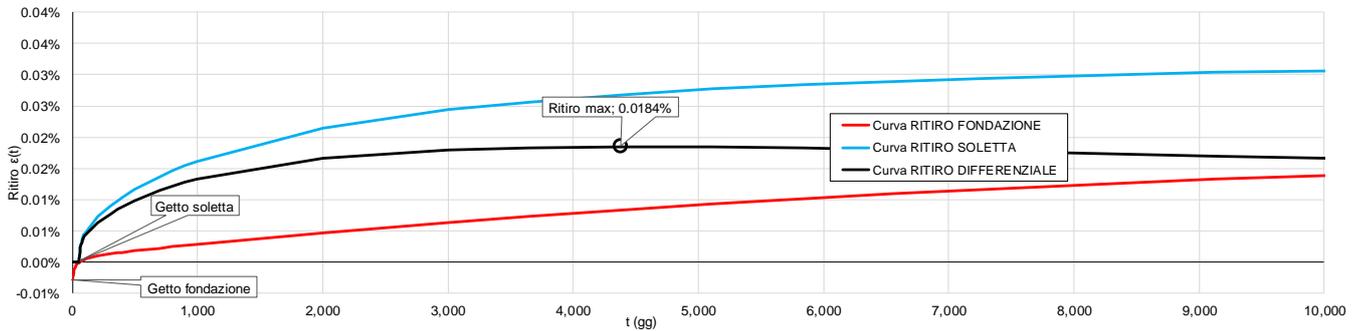
LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	171

NOME: RITIRO ORIZZONTALE		CALCOLO RITIRO DIFFERENZIALE TRA ELEMENTI IN C.A. (EN 1992-1-1: 2005)														Rev. 00			
		FONDAZIONE							SOLETTA							RITIRO DIFFERENZIALE			
		f_{cm} (MPa)	s	A_c (m ²)	u_c (m)	t_s (gg)	k_h	f_{cm} (MPa)	s	A_c (m ²)	u_c (m)	t_s (gg)	k_h	β_{RH}	t getto (gg)				
		32.90	0.25	2.50	1.00	28	0.700	41.20	0.25	1.20	2.00	28	0.700	1.2152					
		α_{ds1}	4	h_0 (mm)	5000	β_{RH}	1.2152	α_{ds1}	4	h_0 (mm)	1200	β_{RH}	1.2152						
		α_{ds2}	0.12	RH (%)	60			α_{ds2}	0.12	RH (%)	60								
t (anni)	t (gg)	Resistenza							Resistenza							Ritiro	Ritiro diff.		
		$\beta_{cc}(t)$	$f_{cm}(t)$	$f_{ck}(t)$	ϵ_{cdo}	$\beta_{ds}(t)$	$\epsilon_{ca}(t)$	$\beta_{ds}(t)$	$\epsilon_{ca}(t)$	$\beta_{cc}(t)$	$f_{cm}(t)$	$f_{ck}(t)$	ϵ_{cdo}	$\beta_{ds}(t)$	$\epsilon_{ca}(t)$	$\beta_{ds}(t)$	$\epsilon_{ca}(t)$	$\epsilon_{cs}(t)$	$\Delta\epsilon_{cs}(t-t_s)$
0.0	3	0.598	19.68	11.68	0.054%	0.00000	0.0000%	0.29278	0.0001%	0.0001%							0.0000%	0.0000%	
0.0	5	0.711	23.38	15.38	0.051%	0.00000	0.0000%	0.36059	0.0005%	0.0005%							0.0000%	0.0000%	
0.0	10	0.845	27.80	19.80	0.049%	0.00000	0.0000%	0.46871	0.0011%	0.0011%							0.0000%	0.0000%	
0.0	15	0.913	30.02	22.02	0.048%	0.00000	0.0000%	0.53911	0.0016%	0.0016%							0.0000%	0.0000%	
0.1	20	0.955	31.43	23.43	0.047%	0.00000	0.0000%	0.59116	0.0020%	0.0020%							0.0000%	0.0000%	
0.1	25	0.986	32.42	24.42	0.046%	0.00000	0.0000%	0.63212	0.0023%	0.0023%							0.0000%	0.0000%	
0.1	28	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00000	0.0000%	0.65295	0.0024%	0.0024%							0.0000%	0.0000%	
0.1	30	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00014	0.0000%	0.66561	0.0025%	0.0025%							0.0000%	0.0000%	
0.1	35	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00049	0.0000%	0.69371	0.0026%	0.0026%							0.0000%	0.0000%	
0.1	40	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00085	0.0000%	0.71774	0.0027%	0.0027%							0.0000%	0.0000%	
0.1	45	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00120	0.0000%	0.73858	0.0028%	0.0028%							0.0000%	0.0000%	
0.1	50	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00155	0.0000%	0.75688	0.0028%	0.0029%							0.0000%	0.0000%	
0.2	55	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00191	0.0001%	0.77310	0.0029%	0.0029%	3	0.598	24.65	16.65	0.051%	0.00000	0.0000%	0.29278	0.0005%
0.2	60	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00226	0.0001%	0.78758	0.0029%	0.0030%	8	0.804	33.14	25.14	0.046%	0.00000	0.0000%	0.43203	0.0016%
0.2	65	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00261	0.0001%	0.80060	0.0030%	0.0031%	13	0.890	36.65	28.65	0.044%	0.00000	0.0000%	0.51379	0.0024%
0.2	70	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00296	0.0001%	0.81238	0.0030%	0.0031%	18	0.940	38.73	30.73	0.043%	0.00000	0.0000%	0.57196	0.0030%
0.2	75	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00331	0.0001%	0.82308	0.0031%	0.0032%	23	0.974	40.15	32.15	0.042%	0.00000	0.0000%	0.61679	0.0034%
0.2	80	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00366	0.0001%	0.83285	0.0031%	0.0032%	28	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.00000	0.0000%	0.65295	0.0038%
0.2	85	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00401	0.0001%	0.84180	0.0031%	0.0033%	33	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.00000	0.0001%	0.68302	0.0040%
0.2	90	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00436	0.0001%	0.85004	0.0032%	0.0033%	38	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.00598	0.0002%	0.70855	0.0041%
0.3	95	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00472	0.0002%	0.85763	0.0032%	0.0033%	43	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.00894	0.0003%	0.73058	0.0042%
0.3	100	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.00507	0.0002%	0.86466	0.0032%	0.0034%	48	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.01189	0.0003%	0.74984	0.0043%
0.5	200	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.01202	0.0004%	0.94089	0.0035%	0.0039%	148	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.06731	0.0020%	0.91224	0.0053%
0.8	300	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.01887	0.0006%	0.96870	0.0036%	0.0042%	248	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.11685	0.0034%	0.95713	0.0056%
1.0	365	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.02327	0.0007%	0.97809	0.0036%	0.0044%	313	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.14632	0.0043%	0.97094	0.0056%
1.1	400	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.02563	0.0008%	0.98168	0.0037%	0.0045%	348	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.16139	0.0047%	0.97603	0.0057%
1.4	500	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.03230	0.0010%	0.98858	0.0037%	0.0047%	448	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.20165	0.0059%	0.98549	0.0057%
1.6	600	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.03887	0.0013%	0.99255	0.0037%	0.0049%	548	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.23823	0.0069%	0.99074	0.0057%
1.9	700	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.04536	0.0015%	0.99497	0.0037%	0.0052%	648	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.27160	0.0079%	0.99385	0.0058%
2.2	800	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.05176	0.0017%	0.99651	0.0037%	0.0054%	748	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.30217	0.0088%	0.99579	0.0058%
2.5	900	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.05808	0.0019%	0.99752	0.0037%	0.0056%	848	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.33028	0.0096%	0.99704	0.0058%
2.7	1000	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.06431	0.0021%	0.99821	0.0037%	0.0058%	948	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.35621	0.0104%	0.99788	0.0058%
5.5	2000	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.12238	0.0039%	0.99987	0.0037%	0.0077%	1948	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.53590	0.0156%	0.99985	0.0058%
8.2	3000	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.17366	0.0056%	0.99998	0.0037%	0.0093%	2948	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.63717	0.0185%	0.99998	0.0058%
10.0	36500	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.20389	0.0066%	0.99999	0.0037%	0.0103%	3598	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.68224	0.0199%	0.99999	0.0058%
12.0	4380	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.23532	0.0076%	1.00000	0.0037%	0.0113%	4328	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.72114	0.0210%	1.00000	0.0058%
14.0	5110	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.26436	0.0085%	1.00000	0.0037%	0.0122%	5058	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.75156	0.0219%	1.00000	0.0058%
16.0	5840	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.29127	0.0094%	1.00000	0.0037%	0.0131%	5788	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.77599	0.0226%	1.00000	0.0058%
18.0	6570	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.31628	0.0102%	1.00000	0.0037%	0.0139%	6518	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.79605	0.0232%	1.00000	0.0058%
20.0	7300	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.33959	0.0109%	1.00000	0.0037%	0.0146%	7248	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.81281	0.0237%	1.00000	0.0058%
25.0	9125	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.39145	0.0126%	1.00000	0.0037%	0.0163%	9073	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.84471	0.0246%	1.00000	0.0058%
50.0	18250	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.56303	0.0181%	1.00000	0.0037%	0.0218%	18198	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.91616	0.0267%	1.00000	0.0058%
75.0	27375	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.65914	0.0212%	1.00000	0.0037%	0.0249%	27323	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.94258	0.0274%	1.00000	0.0058%
100.0	36500	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.72059	0.0232%	1.00000	0.0037%	0.0269%	36448	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.95634	0.0278%	1.00000	0.0058%
200.0	73000	1.000	32.90	24.90	0.046%	0.83766	0.0269%	1.00000	0.0037%	0.0307%	72948	1.000	41.20	33.20	0.042%	0.97771	0.0285%	1.00000	0.0058%



Di seguito, si riportano le azioni inserite nel modello FEM:

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	172

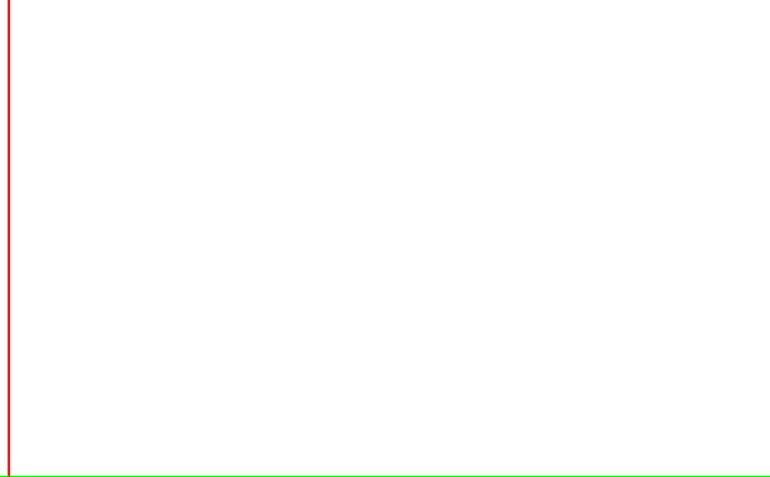


Figura 52 -Temperatura uniforme associata alla azione di ritiro.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	173

13. ANALISI TRASVERSALE SPALLA

Di seguito si riportano le analisi e le verifiche della struttura scatolare dietro alla spalla denominata S02. La struttura scatolare in c.a. è costituita da una camera di dimensioni interne 6.90m (larghezza) x 6,28m (altezza) aventi uno spessore strutturale per la parte in elevazione (traverso e piedritti) pari a 1.20m, e per la parte in fondazione pari a 2.50m.

13.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO FEM

Per la determinazione delle sollecitazioni che interessano la struttura è stato realizzato un modello agli elementi finiti. La struttura è stata trattata come un portale costituito dal solettone superiore e i muri laterali, vincolata alla base con il plinto di fondazione, il cui è stato modellato come una trave continua su più appoggi, per tutti gli elementi si considera una larghezza di 1m.

Si riporta di seguito una descrizione del modello FEM comprensivo di tutti gli elementi strutturali costituenti la struttura scatolare.

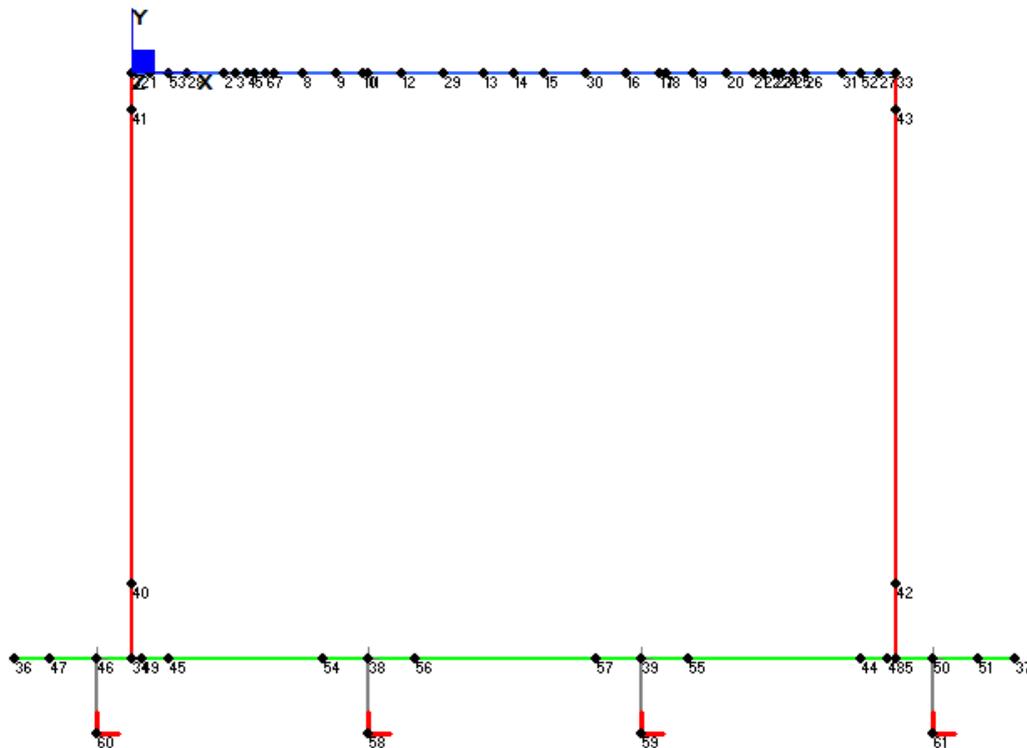


Figura 53 - Modello agli EF per la struttura scatolare - Numerazione nodi

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	174

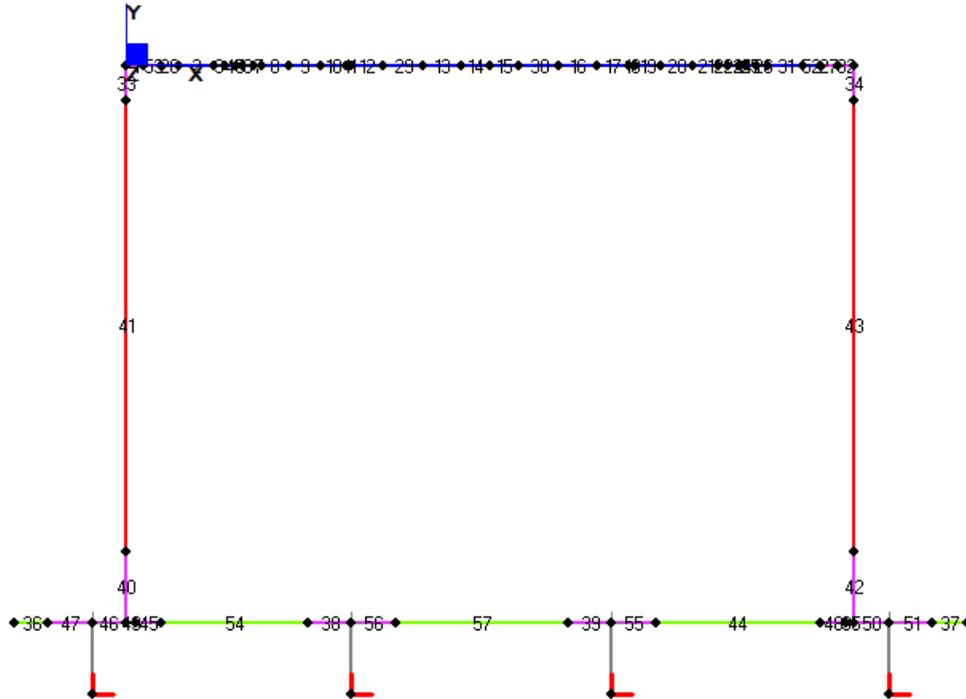


Figura 54 - Modello agli EF per la struttura scatolare - Numerazione elementi e indicazione zone nodali (viola)

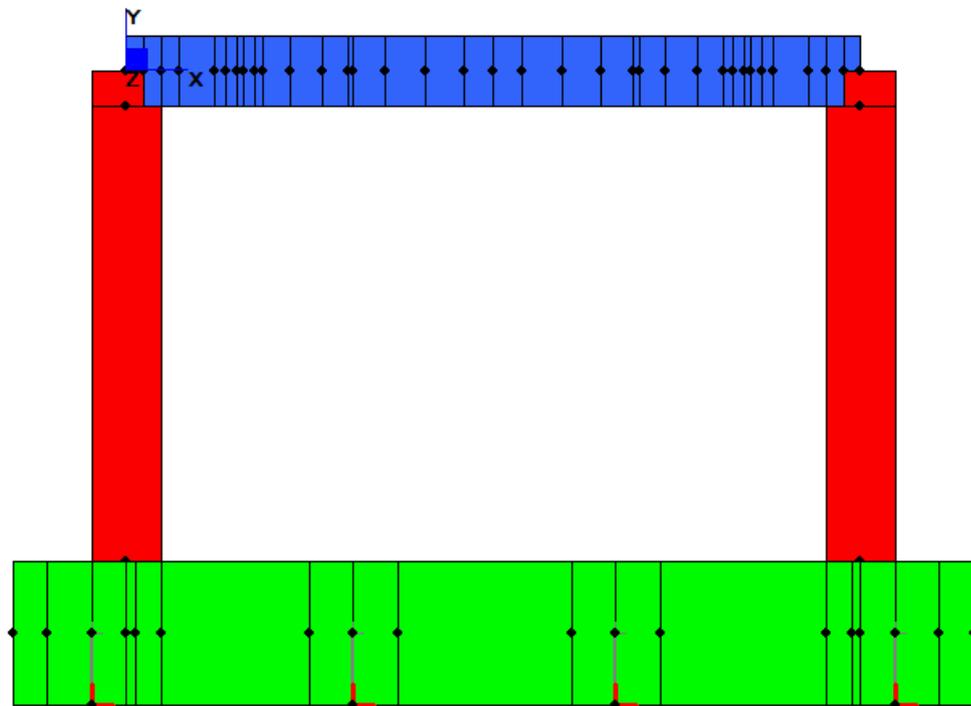


Figura 55 - Modello FEM

Nel modello sono state implementate le seguenti condizioni di vincolo:

- bracci rigidi tra l'estradosso (asse) del plinto di fondazione e intradosso (grigi);
- appoggi in corrispondenza dei pali di fondazione.

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	175

13.1.1 Risultati del modello FEM

Nel seguito si riportano i valori delle sollecitazioni sulla struttura associate agli involuipi SLU, SLV, SLE rara e SLE quasi permanente.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-1331	1770
	[Bm:41]	[Bm:15]

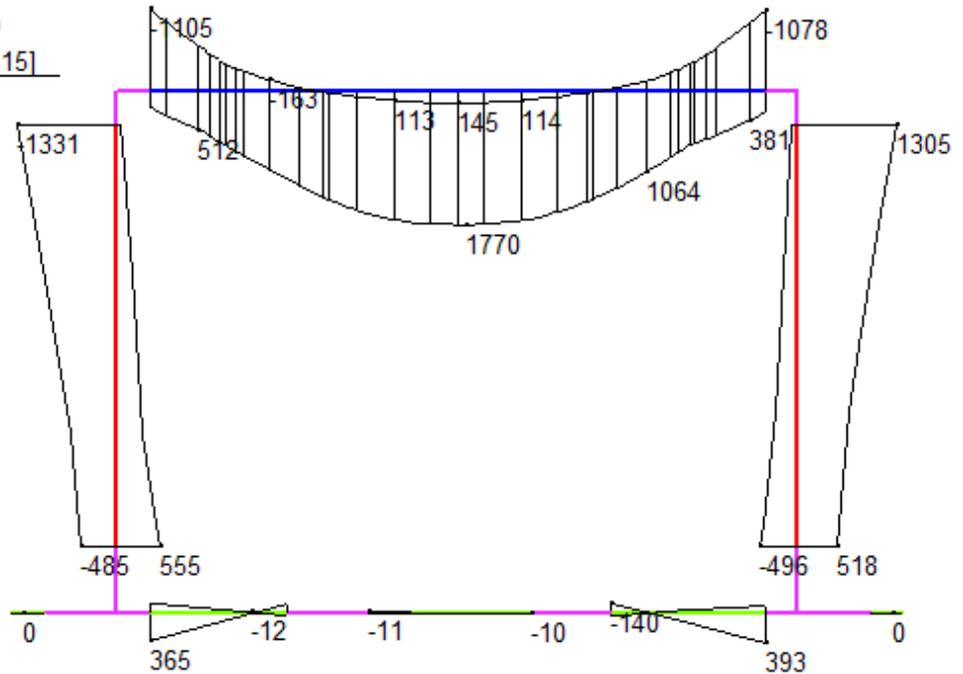


Figura 56 - ENV SLU – Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-556	562
	[Bm:52]	[Bm:28]

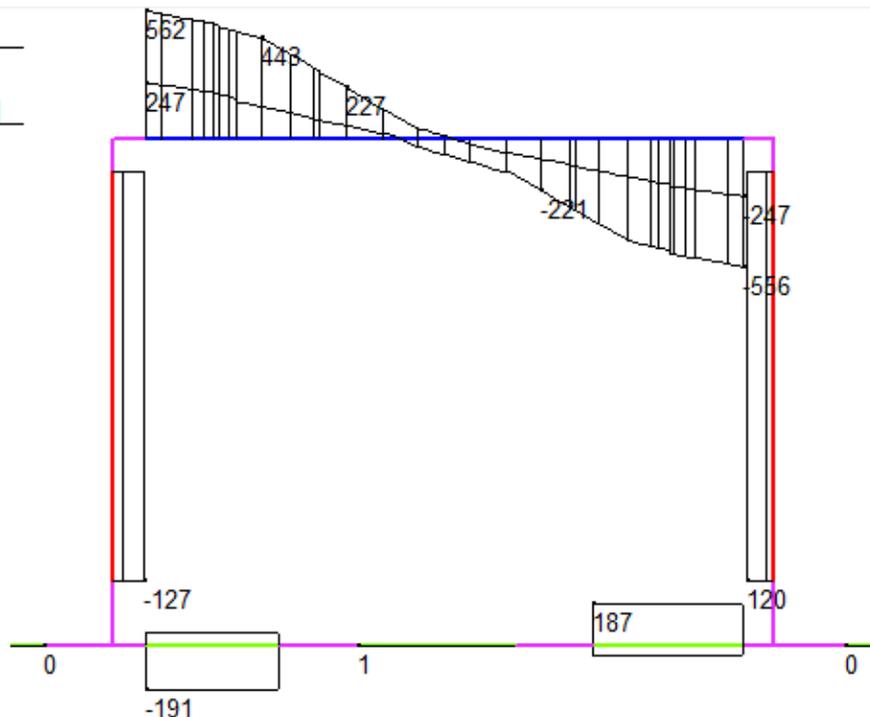


Figura 57 - ENV SLU - Taglio (kN)

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	176

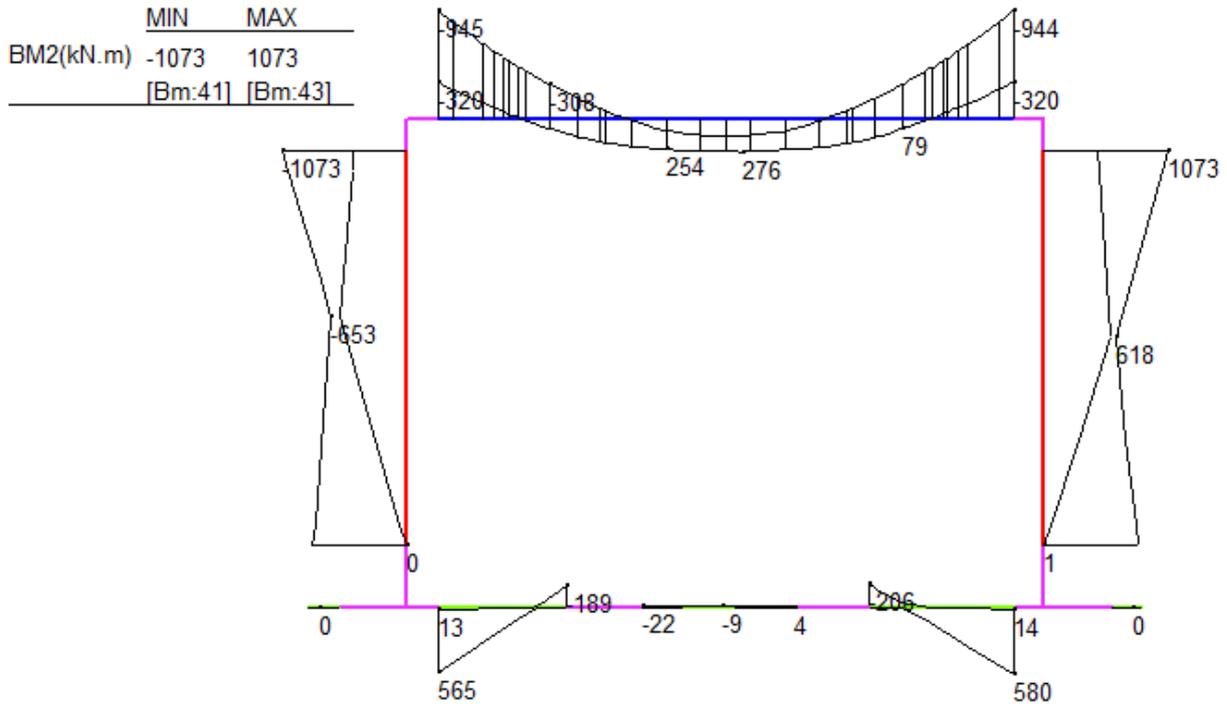


Figura 58 - ENV SLV – Momento flettente (kNm)

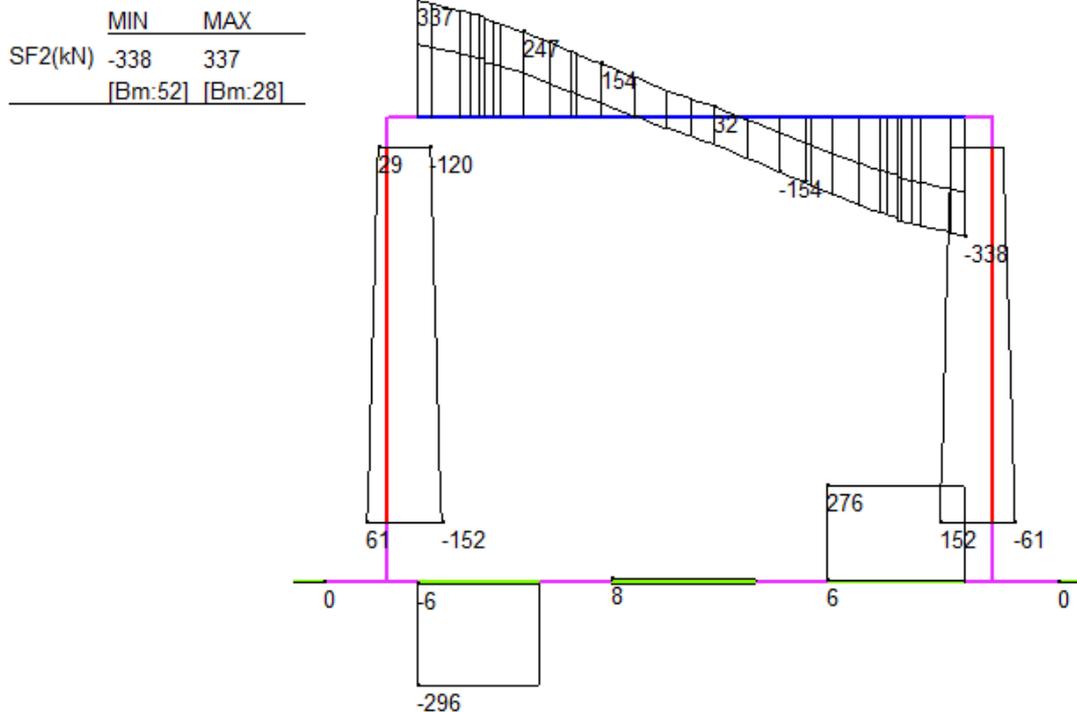


Figura 59 - ENV SLV - Taglio (kN)

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	177

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-989	1325
	[Bm:41]	[Bm:15]

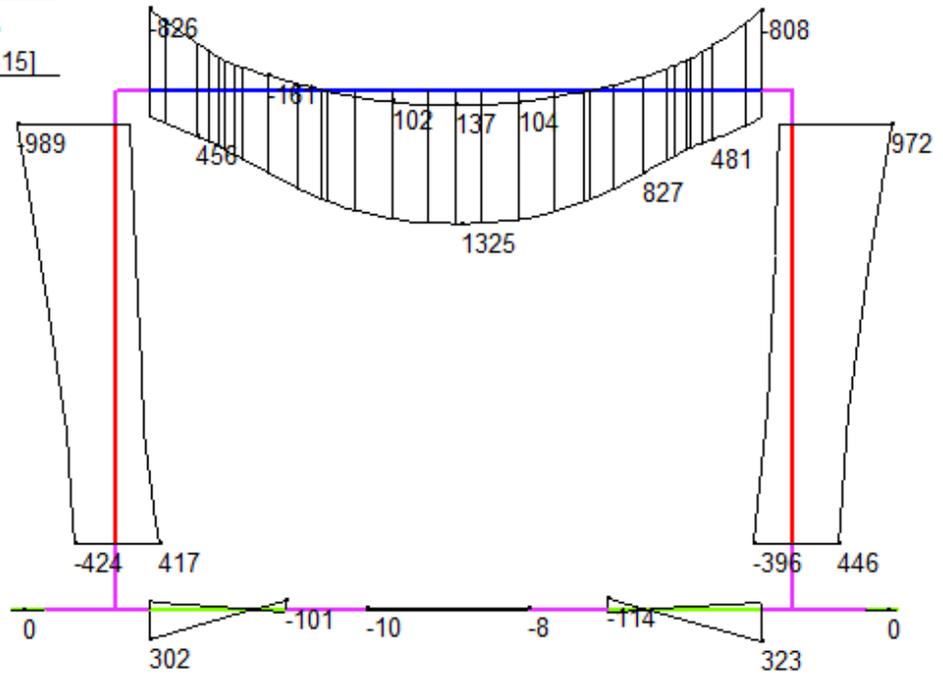


Figura 60 - ENV SLE RA - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-515	780
	[Bm:41]	[Bm:15]

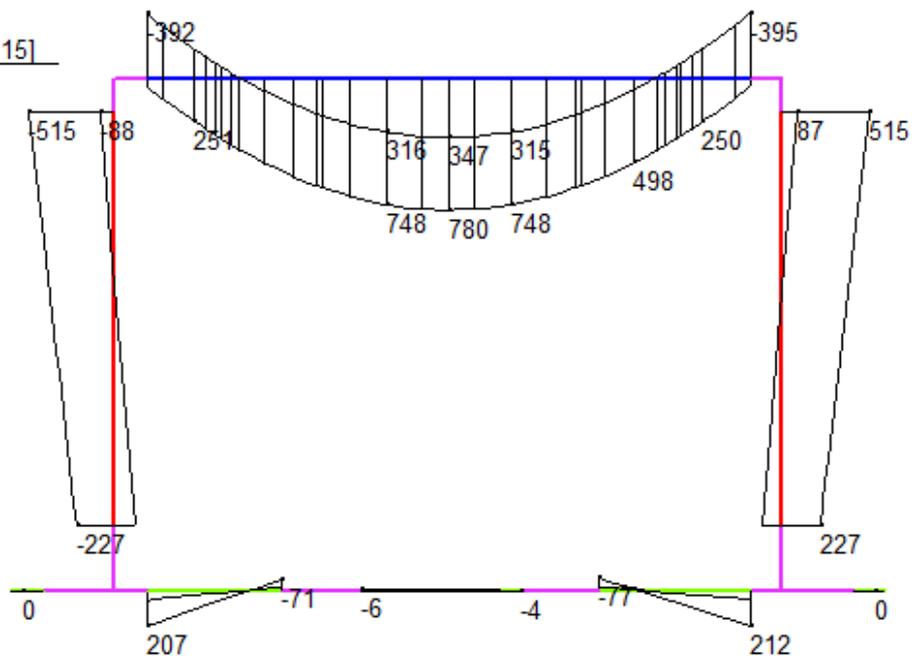


Figura 61 - ENV SLE QP - Momento flettente (kNm)

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	178

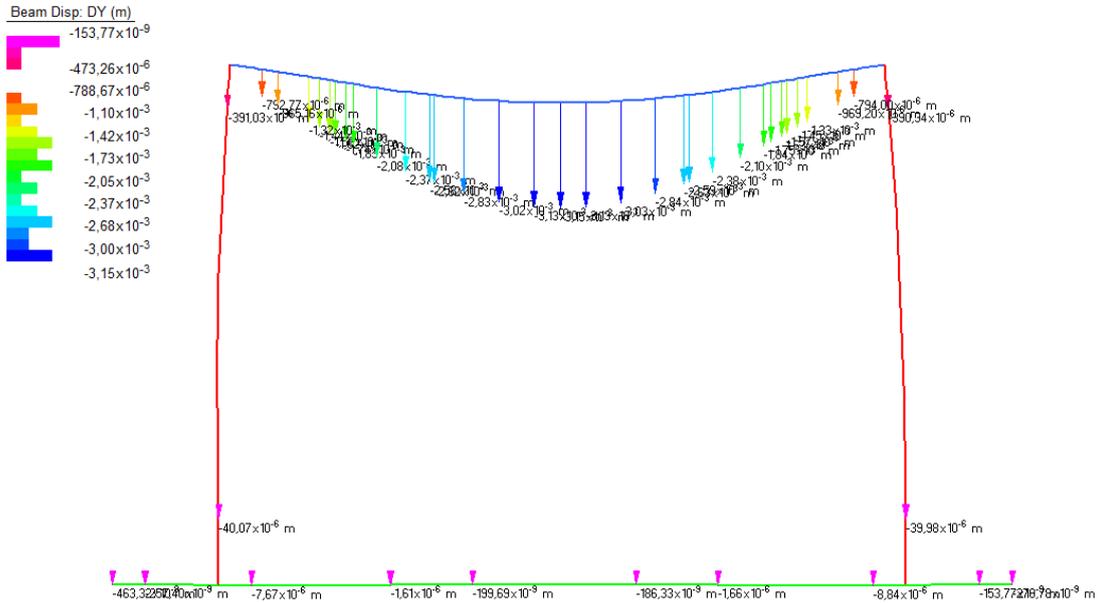


Figura 62 - ENV SLE RA – Spostamento verticale (m)

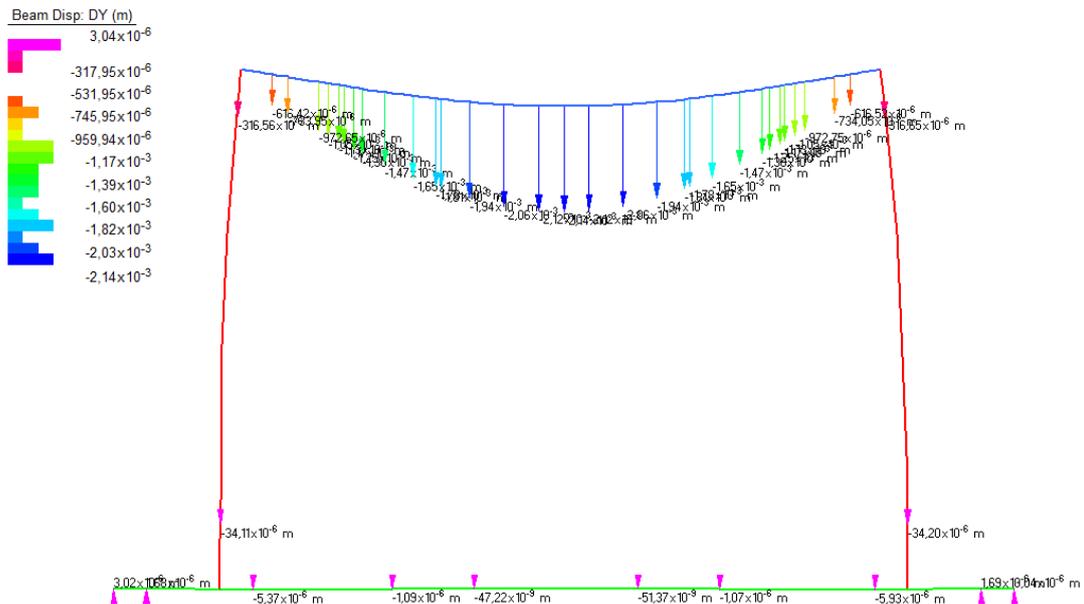


Figura 63 - ENV SLE QP - Spostamento verticale (m)

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	179

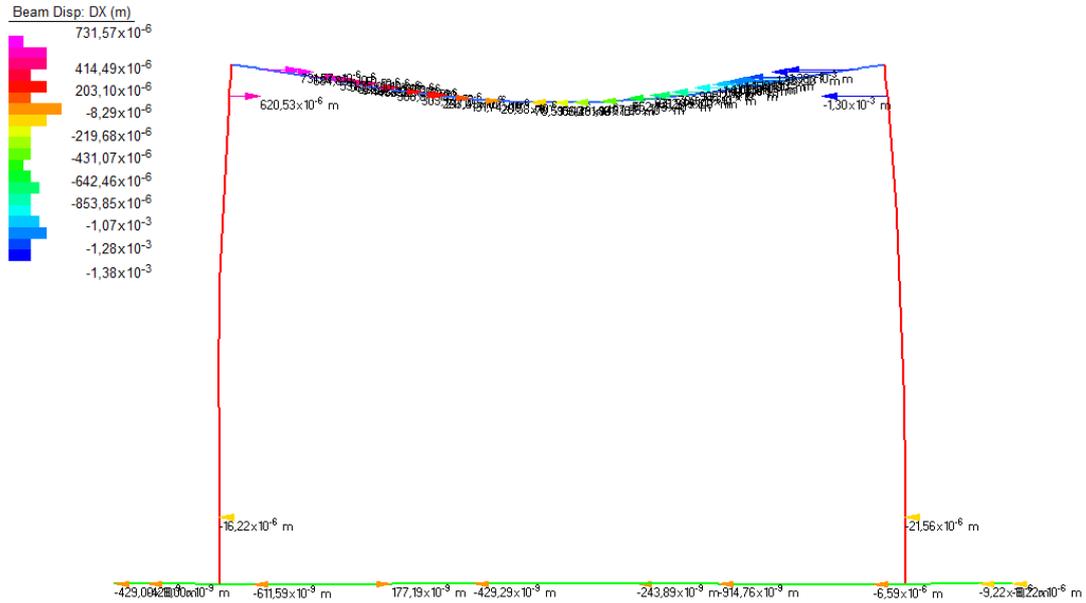


Figura 64 - ENV SLE RA – Spostamento orizzontale (m)

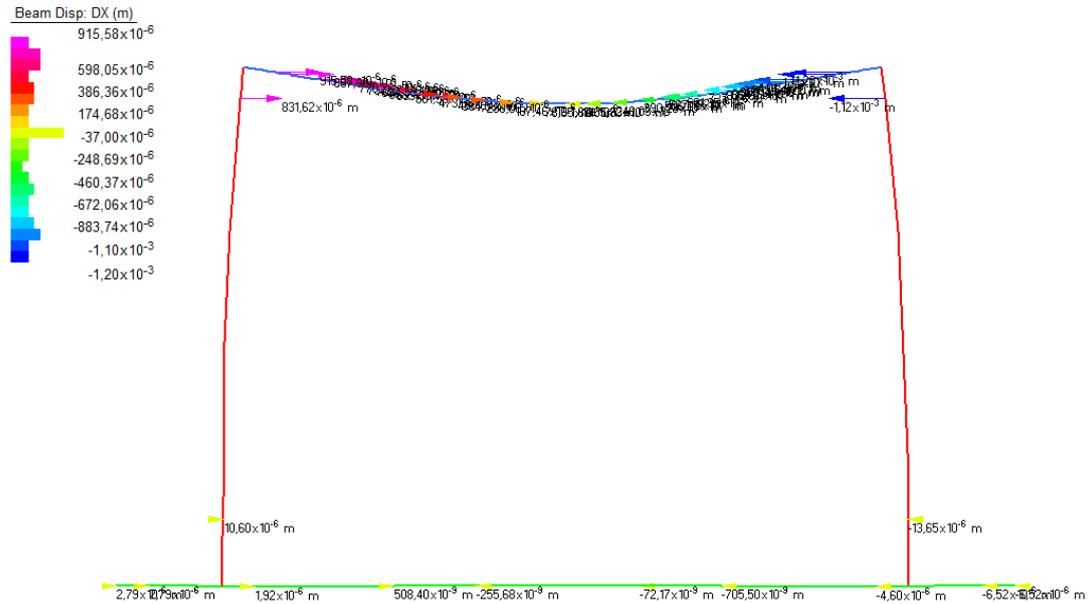


Figura 65 - ENV SLE QP - Spostamento orizzontale (m)

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	180

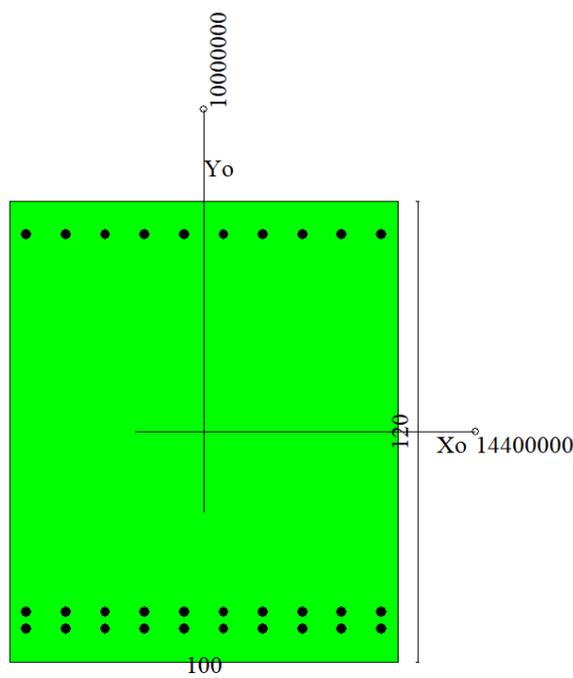
13.2 VERIFICHE STRUTTURALI

13.2.1 Solettone superiore

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni del solettone superiore per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

13.2.1.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso composta da 2 strati di $\Phi 26/10$ e nel lato compresso di $\Phi 26/10$ come rappresentato nella figura seguente per un totale di 30 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



Dati

Nome sezione:	Solettone
Tipo sezione	Rettangolare
Base	100,0 [cm]
Altezza	120,0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione	12000,00 [cmq]	
Inerzia in direzione X	10000000,0	[cm^4]
Inerzia in direzione Y	14400000,0	[cm^4]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm^4]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$	[cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 60,00$	[cm]

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	181

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	95,70	111,40	26	5,31
2	85,54	111,40	26	5,31
3	75,39	111,40	26	5,31
4	65,23	111,40	26	5,31
5	55,08	111,40	26	5,31
6	44,92	111,40	26	5,31
7	34,77	111,40	26	5,31
8	24,61	111,40	26	5,31
9	14,46	111,40	26	5,31
10	4,30	111,40	26	5,31
11	4,30	8,60	26	5,31
12	14,46	8,60	26	5,31
13	24,61	8,60	26	5,31
14	34,77	8,60	26	5,31
15	44,92	8,60	26	5,31
16	55,08	8,60	26	5,31
17	65,23	8,60	26	5,31
18	75,39	8,60	26	5,31
19	85,54	8,60	26	5,31
20	95,70	8,60	26	5,31
21	4,30	13,10	26	5,31
22	14,46	13,10	26	5,31
23	24,61	13,10	26	5,31
24	34,77	13,10	26	5,31
25	44,92	13,10	26	5,31
26	55,08	13,10	26	5,31
27	65,23	13,10	26	5,31
28	75,39	13,10	26	5,31
29	85,54	13,10	26	5,31
30	95,70	13,10	26	5,31

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
----	------------------------------------

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	182

N	sforzio normale espresso in [kN]
M _Y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _X	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _Y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _X	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	0,0000	1769,5800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	-1105,1900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	0,0000	275,6500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	0,0000	-945,3300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	0,0000	1324,8700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	0,0000	-826,2900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	0,0000	779,6900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
8	0,0000	-394,6100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
X _c	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	X _c	α	(xi; yi)	(xf; yf)
5	40,80	0,00	(0,00; 79,20)	(100,00; 79,20)
6	27,98	0,00	(100,00; 27,98)	(0,00; 27,98)
7	40,80	0,00	(0,00; 79,20)	(100,00; 79,20)
8	27,98	0,00	(100,00; 27,98)	(0,00; 27,98)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
σ _{c-max}	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ _{c-min}	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ _{f-max}	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
σ _{f-min}	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
τ _c	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ _{c-max}	σ _{c-min}	τ _c	σ _{f-max}	σ _{f-min}
5	5,129	0,000	0,000	60,717	-133,134
6	3,426	0,000	0,000	35,600	-153,227
7	3,018	0,000	0,000	35,732	-78,350
8	1,636	0,000	0,000	17,002	-73,176

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N _u	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M _{Xu}	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M _{Yu}	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
0,0000	0,0000	4198,8713	2,37

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	183

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>-2183,2582</u>	1,98

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>4198,8713</u>	15,23

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>-2183,2582</u>	2,31

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M _X	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M _Y	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ _f	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ _c	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A _{eff}	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
ε	Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]
S _{rm}	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M _X	M _Y	σ _f	σ _c	A _{eff}	ε	S _{rm}	w
5	0,0000	772,9756	-77,675	-5,809	3035,00	0,0526	206	0,1840
6	0,0000	-708,8672	-131,452	-9,667	2810,00	0,0461	213	0,1668
7	0,0000	772,9756	-77,675	-5,809	3035,00	0,0190	206	0,0664
8	0,0000	-708,8672	-131,452	-9,667	2810,00	0,0000	0	0,0000

Inviluppo verifiche tensionali

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 1 - Solettone

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	3,018	13,280	-5,860	3,099	-78,350	35,732	450,000	7
SLER	3,426	18,260	-11,268	3,099	-153,227	35,600	337,500	6

Inviluppo verifiche fessurazione

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
A _{eff}	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [‰]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 1 - Solettone

TC	sf	sc	A _{eff}	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-77,675	-5,809	297,637	0,0190	205,757	0,066	0,200	7
SLER	-77,675	-5,809	297,637	0,0526	205,757	0,184	0,200	5

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO	
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	184

13.2.1.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni associate alle combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: SOLETTONE SUPERIORE				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1	
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO					
b_w	d	θ cotg θ		N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	f_{ck}	f_{cd}	γ_c			
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)				
1.00	1.11	45.00 1.00		0.0	562.4	1105.2	33.20	18.81	1.50			
$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$												
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)												
		f_{yd}	n	\varnothing	$A_{sl,\varnothing}$	A_{sl}						
		(MPa)		(mm)	(cm ²)	(cm ²)						
Barre B450C		391.3	20	26	5.31	106.19						
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)												
		A_{sl}	k_1	k	ρ_l (%)	v_{min}	σ_{cp}	α_c	V_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}		
		(cm ²)			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)			
		106.19	0.15	1.42	0.96%	0.34	0.00	1.00	601.2	93.6% VERIFICA OK		



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

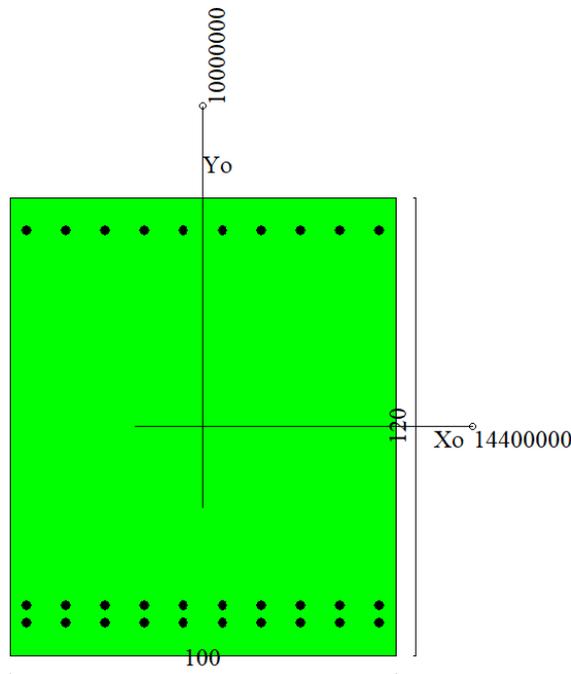
MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	185

13.2.2 Muri laterali

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni per il muro laterale per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

13.2.2.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di $\Phi 26/10$ e nel lato compresso di $\Phi 22/10$ come rappresentato nella figura seguente per un totale di 30 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



Dati

Nome sezione:	Muro laterale
Tipo sezione	Rettangolare
Base	100,0 [cm]
Altezza	120,0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione	12000,00 [cmq]	
Inerzia in direzione X	10000000,0	[cm^4]
Inerzia in direzione Y	14400000,0	[cm^4]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm^4]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$ [cm]	
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 60,00$ [cm]	

Elenco ferri

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	186

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cm ²]

N°	X	Y	d	ω
1	95,80	111,60	26	5,31
2	85,62	111,60	26	5,31
3	75,44	111,60	26	5,31
4	65,27	111,60	26	5,31
5	55,09	111,60	26	5,31
6	44,91	111,60	26	5,31
7	34,73	111,60	26	5,31
8	24,56	111,60	26	5,31
9	14,38	111,60	26	5,31
10	4,20	111,60	26	5,31
11	4,30	8,50	22	3,80
12	14,46	8,50	22	3,80
13	24,61	8,50	22	3,80
14	34,77	8,50	22	3,80
15	44,92	8,50	22	3,80
16	55,08	8,50	22	3,80
17	65,23	8,50	22	3,80
18	75,39	8,50	22	3,80
19	85,54	8,50	22	3,80
20	95,70	8,50	22	3,80

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sfuerzo normale espresso in [kN]
M _y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _x	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _x	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMB - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _y	M _x	M _t	T _y	T _x	VD	VT
1	665,5200	440,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	665,5200	-1337,9900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	675,7700	1304,7100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	187

4	675,7700	-1330,6200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	469,1400	417,2500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	469,1400	-989,2500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	319,6200	120,6200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
8	319,6200	-515,4800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
Xc	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
5	44,37	0,00	(0,00; 75,63)	(100,00; 75,63)
6	38,94	0,00	(100,00; 38,94)	(0,00; 38,94)
7	85,00	0,00	(0,00; 35,00)	(100,00; 35,00)
8	41,37	0,00	(100,00; 41,37)	(0,00; 41,37)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
σ_{c-max}	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{c-min}	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{f-max}	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
σ_{f-min}	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
τ_c	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ_{c-max}	σ_{c-min}	τ_c	σ_{f-max}	σ_{f-min}
5	2,344	0,000	0,000	28,499	-53,177
6	5,174	0,000	0,000	60,673	-144,829
7	0,667	0,000	0,000	9,020	-3,120
8	2,732	0,000	0,000	32,562	-69,563

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N _u	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M _{Xu}	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M _{Yu}	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>6817,0490</u>	0,0000	<u>4515,1990</u>	10,24
<u>25881,7628</u>	0,0000	440,8000	38,89
665,5200	0,0000	<u>1925,4824</u>	4,37

Combinazione n° 2

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>1449,7529</u>	0,0000	<u>-2914,6455</u>	2,18
<u>22675,1814</u>	0,0000	-1337,9900	34,07
665,5200	0,0000	<u>-2529,3504</u>	1,89

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	188

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>1117,3199</u>	0,0000	<u>2157,2110</u>	1,65
<u>24068,0114</u>	0,0000	1304,7100	35,62
675,7700	0,0000	<u>1930,7740</u>	1,48

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>1490,1054</u>	0,0000	<u>-2934,0812</u>	2,21
<u>22691,8877</u>	0,0000	-1330,6200	33,58
675,7700	0,0000	<u>-2534,4764</u>	1,90

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M_x	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M_y	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ_f	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ_c	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A_{eff}	Area efficace a trazione, espressa in [cm ²]
ϵ	Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]
S_{rm}	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M_x	M_y	σ_f	σ_c	A_{eff}	ϵ	S_{rm}	w
5	0,0000	756,3064	-137,394	-10,178	2500,00	0,0000	0	0,0000
6	0,0000	-770,3881	-104,624	-7,807	2790,00	0,0510	209	0,1808
7	0,0000	721,8824	-145,978	-10,776	2500,00	0,0000	0	0,0000
8	0,0000	-737,6297	-110,405	-8,204	2790,00	0,0000	0	0,0000

Inviluppo verifiche tensionali

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 2 - Muro laterale

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	2,732	13,280	-5,192	3,099	-69,563	32,562	450,000	8
SLER	5,174	18,260	-10,771	3,099	-144,829	60,673	337,500	6

Inviluppo verifiche fessurazione

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
A_{eff}	Area efficace a trazione espresso in [cm ²]
Eps	Deformazione espressa in [‰]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 2 - Muro laterale

TC	sf	sc	A_{eff}	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-145,978	-10,776	245,170	0,0000	0,000	0,000	0,200	7
SLER	-104,624	-7,807	273,610	0,0510	208,670	0,181	0,200	6

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

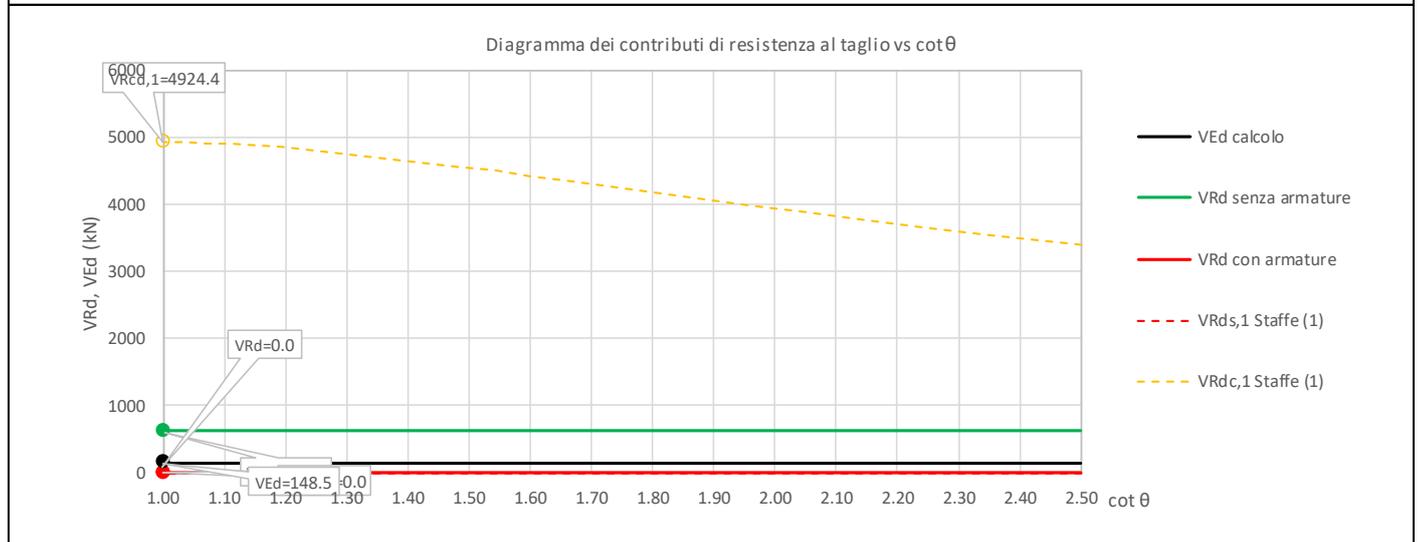
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	189

13.2.2.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni associate alle combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: MURI LATERALI				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO				
b_w	d	θ	$\cotg \theta$	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	f_{ck}	f_{cd}	γ_c		
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)			
1.00	1.11	45.00	1.00	-984.7	148.5	1337.4	33.20	18.81	1.50		
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$							
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)											
	f_{yd}	n	\varnothing	$A_{sl,\varnothing}$	A_{sl}						
	(MPa)		(mm)	(cm ²)	(cm ²)						
Barre B450C	391.3	10	26	5.31	53.09						
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)											
	A_{sl}	k_1	k	ρ_l (%)	v_{min}	σ_{cp}	α_c	V_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}		
	(cm ²)			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)			
	53.09	0.15	1.42	0.48%	0.34	0.89	1.05	624.8	23.8%	VERIFICA OK	



Non si è reso necessario l’inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

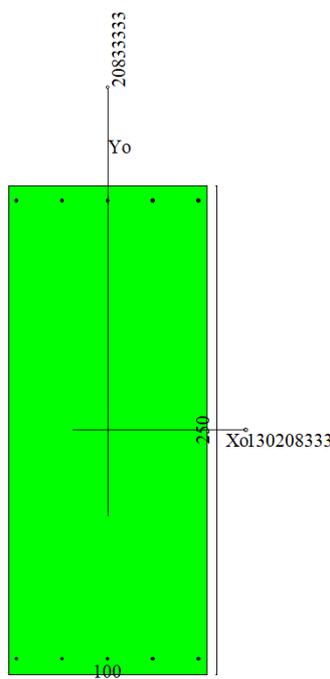
MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	190

13.2.3 Plinto fondazione

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni per il plinto di fondazione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

13.2.3.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di $\Phi 20/20$ e nel lato compresso di $\Phi 20/20$ come rappresentato nella figura seguente per un totale di 10 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



Dati

Nome sezione:	Fondazione
Tipo sezione	Rettangolare
Base	100,0 [cm]
Altezza	250,0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione	25000,00 [cmq]	
Inerzia in direzione X	20833333,3	[cm^4]
Inerzia in direzione Y	130208333,3	[cm^4]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm^4]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$	[cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 125,00$	[cm]

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	191

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cm ²]

N°	X	Y	d	ω
1	4,00	8,00	20	3,14
2	27,00	8,00	20	3,14
3	50,00	8,00	20	3,14
4	73,00	8,00	20	3,14
5	96,00	8,00	20	3,14
6	96,00	242,00	20	3,14
7	73,00	242,00	20	3,14
8	50,00	242,00	20	3,14
9	27,00	242,00	20	3,14
10	4,00	242,00	20	3,14

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
M _Y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _X	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _Y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _X	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMB - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	0,0000	393,2500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	-140,1200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	0,0000	579,5500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	0,0000	-206,4000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	0,0000	322,5600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	0,0000	-114,3200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	0,0000	211,8600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
8	0,0000	-77,3200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	192

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 Xc posizione asse neutro espresso in [cm]
 α inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
 (xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
5	29,93	0,00	(0,00; 220,07)	(100,00; 220,07)
6	29,93	0,00	(100,00; 29,93)	(0,00; 29,93)
7	29,93	0,00	(0,00; 220,07)	(100,00; 220,07)
8	29,93	0,00	(100,00; 29,93)	(0,00; 29,93)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 σ_{c-max} Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
 σ_{c-min} Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
 σ_{f-max} Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
 σ_{f-min} Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
 τ_c Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ_{c-max}	σ_{c-min}	τ_c	σ_{f-max}	σ_{f-min}
5	0,832	0,000	0,000	9,145	-88,426
6	0,295	0,000	0,000	3,241	-31,339
7	0,547	0,000	0,000	6,007	-58,079
8	0,199	0,000	0,000	2,192	-21,196

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 N_u Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
 M_{Xu} Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
 M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>1459,5850</u>	3,71

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>-1459,5850</u>	10,42

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>1459,5850</u>	2,52

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>-1459,5850</u>	7,07

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	193

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M _x	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M _y	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ _r	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ _c	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A _{eff}	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
ε	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
S _{rm}	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M _x	M _y	σ _r	σ _c	A _{eff}	ε	S _{rm}	w
5	0,0000	2394,0718	-656,304	-45,404	2300,00	0,0000	0	0,0000
6	0,0000	-2394,0718	-656,304	-45,404	2300,00	0,0000	0	0,0000
7	0,0000	2394,0718	-656,304	-45,404	2300,00	0,0000	0	0,0000
8	0,0000	-2394,0718	-656,304	-45,404	2300,00	0,0000	0	0,0000

Inviluppo verifiche tensionali

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 4 - Fondazione

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	0,547	13,280	-4,018	3,099	-58,079	6,007	450,000	7
SLER	0,832	18,260	-6,117	3,099	-88,426	9,145	337,500	5

Inviluppo verifiche fessurazione

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
A _{eff}	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 4 - Fondazione

TC	sf	sc	A _{eff}	Eps	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-656,304	-45,404	225,557	0,0000	0,000	0,000	0,200	7
SLER	-656,304	-45,404	225,557	0,0000	0,000	0,000	0,200	5

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	194

14. ANALISI MURO POSTERIORE SPALLA

Di seguito si riportano le analisi e le verifiche del muro posteriore a chiusura dello scatolare dietro alla spalla denominata S02.

Il muro in c.a. presenta un'altezza pari a 7.88m e uno spessore pari a 1.20m. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.

14.1 ANALISI CARICHI MURO POSTERIORE SPALLA

14.1.1 Azioni permanenti strutturali (G_1)

Si riporta a seguire l'analisi dei carichi agenti sul muro posteriore a chiusura della struttura scatolare dietro alla spalla in termini di pesi propri strutturali. Si considera uno spessore pari a 1.20m

$$g_1 = (1,20 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 30,00 \text{ kN/m} \quad \text{Peso muro posteriore}$$

14.2 AZIONI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G_2)

14.2.1 Ballast ($G_{2,1}$)

Si applicano le pressioni verticali derivanti dal peso del cassonetto di ballast a tergo della spalla, di larghezza circa 9.00 m, spessore 0.80 m e peso specifico 20 kN/m^3 . Si considera una spinta a riposo con un coefficiente k_0 pari a 0.03843.

Si valuta come carico permanente associato una pressione uniforme mediata sulla larghezza del muro di 12.50 m, come di seguito esposto:

$$G_2 = (0.80 * 20 * 8.2) / (12.50) = 10.50 \text{ kPa}$$

$$G_{2h} = 10.50 * 0.3843 = 4.03 \text{ kN/m}$$

Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sull'altezza del muro. Di seguito si riportano le azioni associate inserite nel modello FEM:

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	195

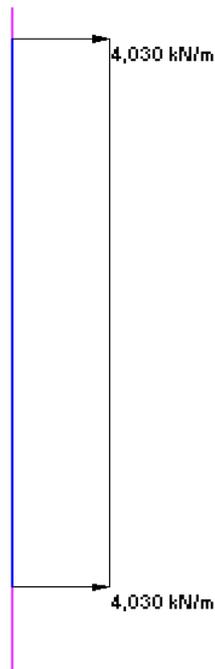


Figura 66. Azione associate alla presenza del cassonetto di ballast dietro alla spalla.

14.3 SPINTA DEL TERRENO (G_3)

I valori delle spinte vengono computate automaticamente dai software secondo le metodologie seguenti, per ulteriori approfondimenti si rimanda direttamente al manuale d'uso.

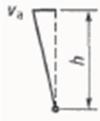
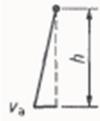
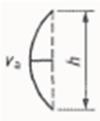
Nome	Tipo	γ_{G1} (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
TERRENO, FALDA	Permanente	EQU 0.90 / 1.10 (A1) 1.00 / 1.30 (A2) 1.00 / 1.00	-	-	-

Le condizioni di spinta sono assunte in base agli spostamenti delle pareti, ovvero del grado di mobilitazione necessario per innescare il regime di spinta, vedi a riguardo le indicazioni contenute nell'EC7.

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	196

Table C.1 — Ratios v_d/h

Kind of wall movement		v_d/h loose soil %	v_d/h dense soil %
a)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b)		0,2	0,05 to 0,1
c)		0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2

where:
 v_a is the wall motion to mobilise active earth pressure
 h is the height of the wall

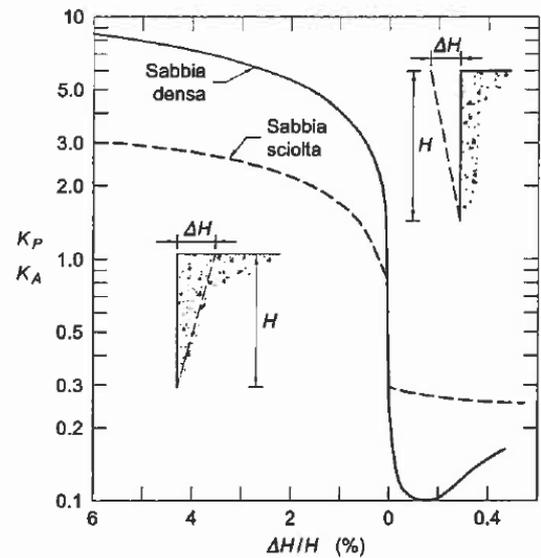


Figura 67 - Spostamenti relativi muro-terreno necessari per il raggiungimento di un regime di spinta attiva secondo EC7 Annex C e Lancillotta (1999)

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	197

14.3.1 Spinta a riposo

La spinta statica totale sulla parete S_{0h} si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{0h} = \int_0^H \sigma_h(z) dz \quad \text{spinta a riposo statica totale sul muro}$$

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) * k_0 \quad \text{pressione orizzontale di spinta del terreno}$$

Per piano campagna orizzontale si fa riferimento alla seguente correlazione (Jaky, 1944 e Schmidt, 1966):

$$k_0 = 1 - \sin(\varphi') * OCR^\alpha$$

$$OCR = 1 \quad \text{grado di sovraconsolidazione}$$

$$\alpha = 0.5$$

Per pendio inclinato (β) si può considerare che la spinta a riposo sia parallela al p.c. e che il coefficiente k_0 valga:

$$k_0 = (1 - \sin(\varphi') * OCR^\alpha) * (1 + \sin \beta)$$

$$\beta = 0 \quad \text{angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale}$$

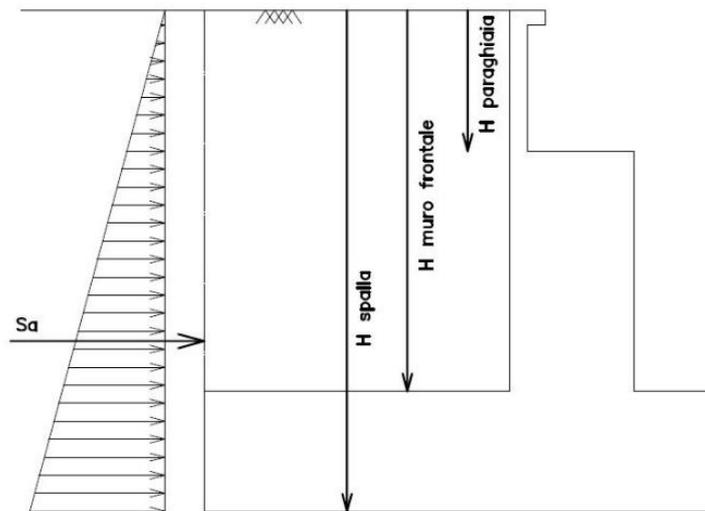


Figura 68: Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

Nel caso in esame si considera un'altezza del terreno pari all'altezza del muro posteriore più lo spessore del solettone superiore. Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sui muri esterni. Nel seguito si riporta il valore dell'azione sul muro posteriore:

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 02 04			PROGR 002

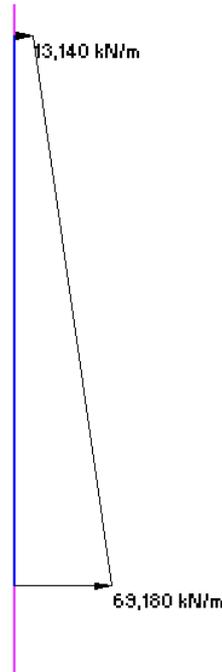


Figura 69. Azione associate alla spinta del terreno.

14.3.2 Spinta attiva

Il coefficiente di spinta attiva (K_a) viene valutato ricorrendo alla correlazione generale di Mueller-Breslau basata sulla teoria di Coulomb e riferita a superfici di rottura piane. In questo caso l'approssimazione (rispetto a quanto si sarebbe ottenuto considerando superfici di rottura di geometria complessa) risulta molto contenuta e a favore di sicurezza.

La spinta attiva statica totale sulla parete S_{ah} si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{ah} = \int_0^H \sigma_h(z) dz$$

spinta attiva statica totale sul muro

$$K_a = \frac{\text{ser}^2(\psi + \varphi)}{\text{ser}^2\psi \cdot \text{ser}(\psi - \delta) \left[1 + \frac{\text{ser}(\varphi + \delta) \cdot \text{ser}(\varphi - \beta)}{\sqrt{\text{ser}(\psi - \delta) \cdot \text{ser}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

coefficiente di spinta attiva

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

pressione orizzontale di spinta del terreno

$$\sigma_v(z)$$

pressione verticale del terreno

$$H$$

altezza della parete di spinta

$$\varphi$$

angolo attrito del terreno

$$\delta = 0$$

attrito tra terreno e parete

$$\psi = 90^\circ$$

angolo tra parete di spinta e piano orizzontale

$$\beta$$

angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

$$c$$

coesione del terreno

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	199

della linea di falda non subisce variazioni, viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento:

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

γ_{sat} peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori)

γ_w peso di volume dell'acqua

$S_{\text{ah}} = \int_0^H \sigma'_h(z) dz + E_{\text{ws}} + E_{\text{wd}}$ spinta attiva statica totale efficace sul muro

$\sigma'_h(z) = \sigma'_h(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$ pressione orizzontale di spinta efficace del terreno

$\sigma'_v(z)$ pressione verticale efficace del terreno

E_{ws} spinta idrostatica

E_{wd} spinta idrodinamica

14.3.3 Pressioni idrostatiche

La distribuzione di forze delle spinte idrostatiche E_{ws} sulla parete sono descritte dalle seguenti relazioni:

$E_{\text{ws}}(z) = \gamma_w \cdot z$ spinta idrostatica

z affondamento rispetto al pelo libero dell'acqua

γ_w peso di volume dell'acqua

Cautelativamente la falda è stata posta in corrispondenza del piano di posa delle fondazioni. Pertanto, il regime di spinta non è influenzato dalla presenza della falda.

14.3.4 Azioni variabili orizzontali (Q)

14.3.4.1 Azioni da traffico ferroviario (Q_1)

Sopra il profilo di monte della spalla si applicano le pressioni verticali derivanti dal transito ferroviario esterno. Come da normativa, si ipotizza come larghezza totale transitabile il tratto di profilo dove i carichi possono interagire con l'opera di sostegno, ovvero al di sopra della fondazione e all'interno del cuneo di spinta del terreno sulla parete.

Considerando caricati entrambi i binari, si valuta come carico accidentale associato una pressione uniforme media, come di seguito esposto:

$q = \frac{1}{L_T \cdot L_L} \cdot \sum_1^n Q_i$ pressione uniforme media sull'area caricata $L_T \cdot L_L$

$L_L = 6.40 \text{ m}$ lunghezza longitudinale interessata dai carichi (lunghezza fondazione di monte spalla, comprensiva del cuneo di spinta del terreno)

$L_T = 12.50 \text{ m}$ larghezza trasversale transitabile (larghezza muro posteriore)

Spalla S2

$$q = 1/(6.40 \cdot 12.50) \cdot (4 \cdot 250) \cdot 2 = 25.00 \text{ kPa}$$

L'azione da traffico ferroviaria applicata all'elemento si valuta come di seguito esposto:

$Sq = q \cdot k_0 \cdot L_T$ pressione uniforme media sull'area caricata $L_T \cdot L_L$

$k_0 = 1 - \sin(38^\circ) \cdot 1^{0.5} = 0.03843$ coefficiente di spinta a riposo

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.T.F.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 02 04			PROGR 002

$$S_q = 25.00 \cdot 0.3843 = 9.61 \text{ kN/m}$$

Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sull'altezza del muro.

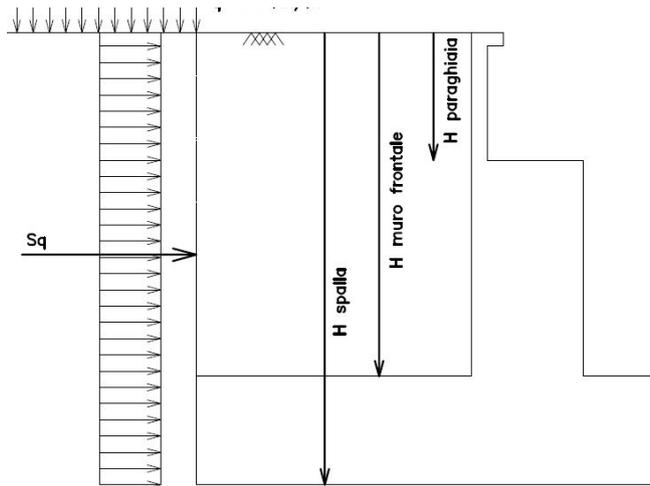


Figura 70: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

Nel seguito si riporta il valore dell'azione sul muro posteriore:

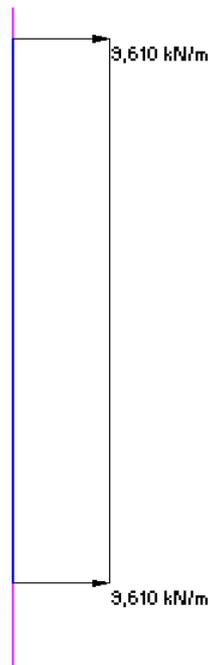


Figura 71. Azioni associate al sovraccarico longitudinale da traffico.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	201

14.4 DESCRIZIONE DEL MODELLO FEM

Per la determinazione delle sollecitazioni che interessano la struttura è stato realizzato un modello agli elementi finiti. Il muro è stato trattato come una trave a semplice appoggio. L'analisi è stato fatto considerando 1m di larghezza. Si riporta di seguito una descrizione del modello FEM.

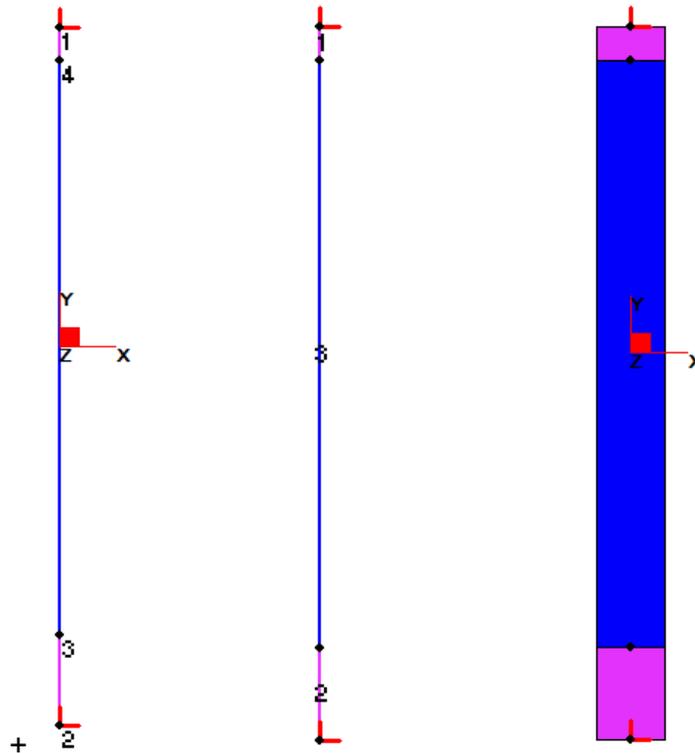


Figura 72 - Modello agli EF per il muro posteriore- Numerazione nodi - Numerazione elementi e indicazione zone nodali (viole)

Nel modello sono state implementate le seguenti condizioni di vincolo:

- appoggi in corrispondenza all'asse del solettone superiore e all'asse plinto di fondazione.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	202

14.4.1 Risultati del modello FEM

Nel seguito si riportano i valori delle sollecitazioni sulla struttura associate agli involuipi SLU, SLV, SLE rara e SLE quasi permanente.

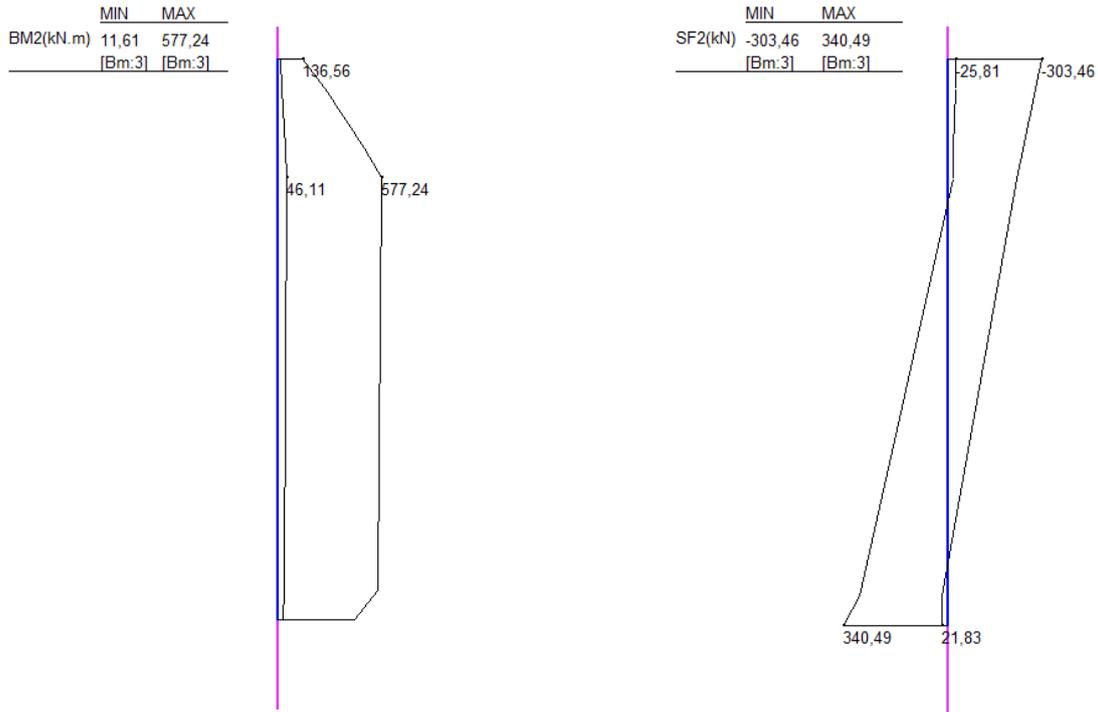


Figura 73 - ENV SLU – Momento flettente (kNm) – Taglio (kN)

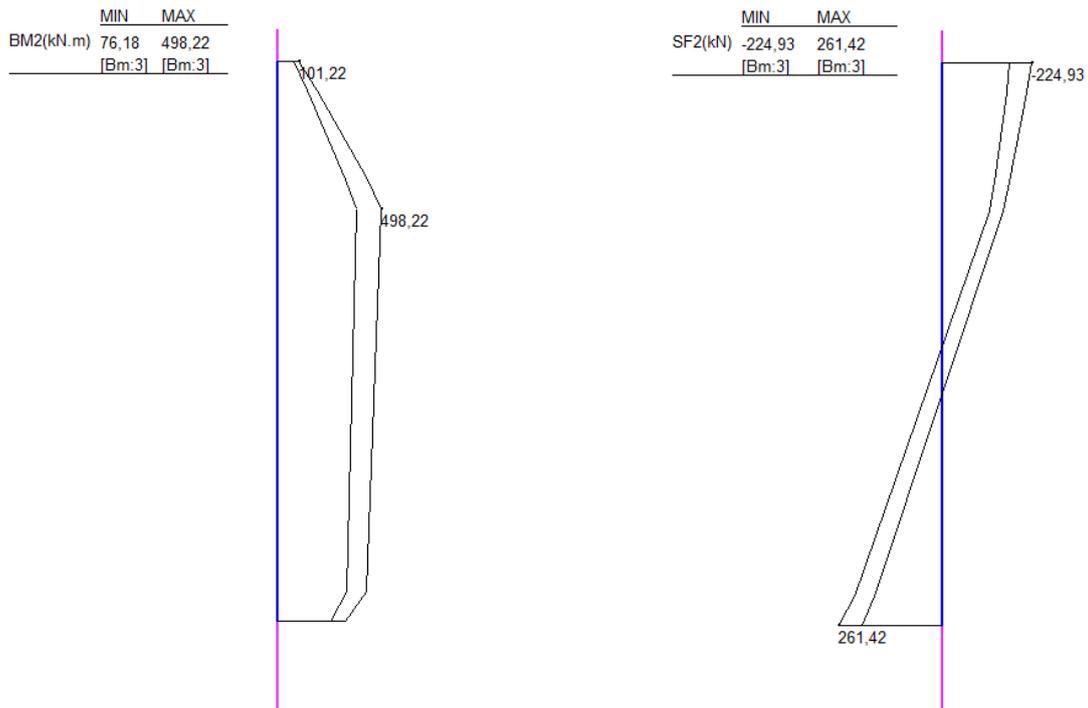


Figura 74 - ENV SLV – Momento flettente (kNm) - Taglio (kN)

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	203

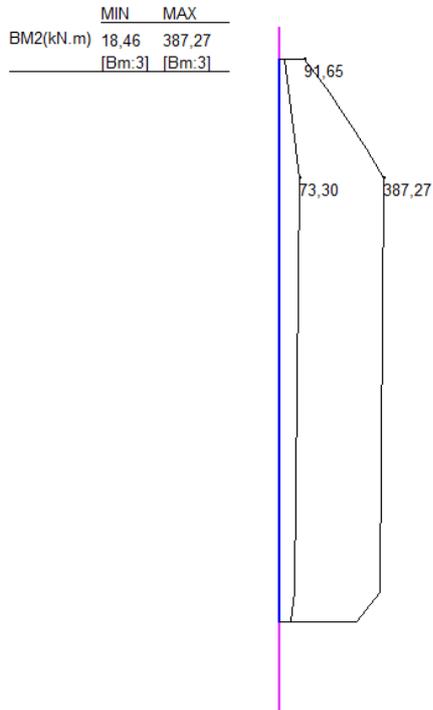


Figura 75 - ENV SLE RA - Momento flettente (kNm)

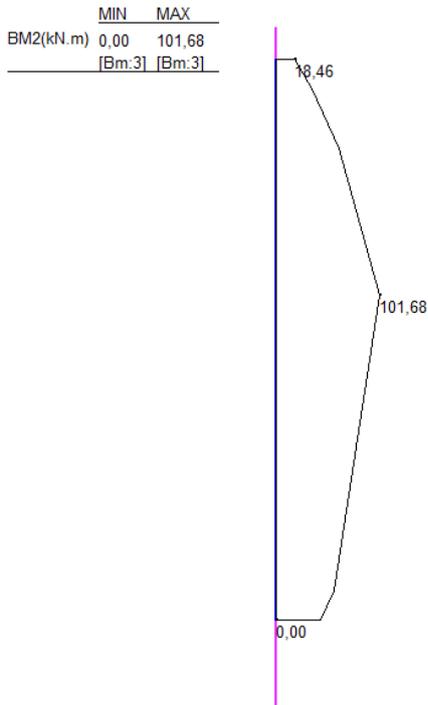


Figura 76 - ENV SLE QP - Momento flettente (kNm)

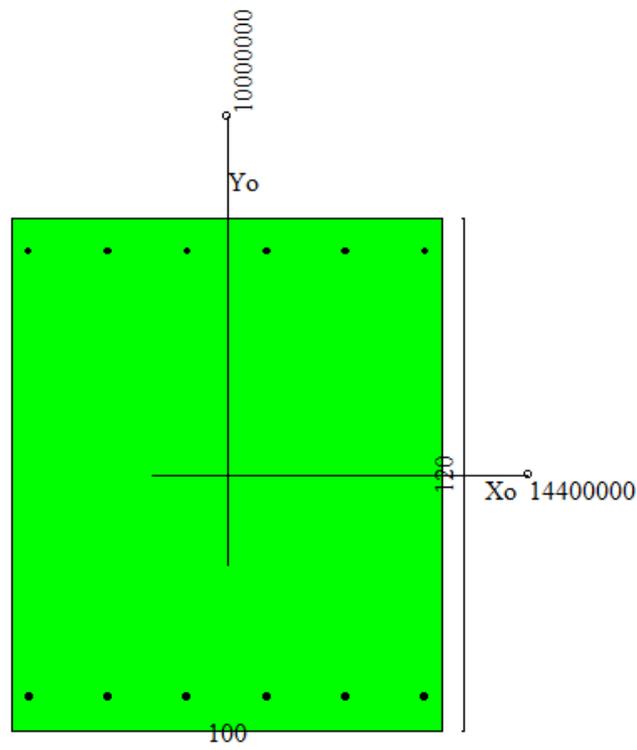
MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	204

14.5 VERIFICHE STRUTTURALI

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni del muro posteriore per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

14.5.1.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di $\Phi 20/15$ e nel lato compresso di $\Phi 18/15$ come rappresentato nella figura seguente per un totale di 12 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



Dati

Nome sezione: Muro posteriore

Tipo sezione: Rettangolare
 Base: 100,0 [cm]
 Altezza: 120,0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione: 12000,00 [cmq]
 Inerzia in direzione X: 10000000,0 [cm⁴]
 Inerzia in direzione Y: 14400000,0 [cm⁴]
 Inerzia in direzione XY: 0,0 [cm⁴]
 Ascissa baricentro sezione: $X_G = 50,00$ [cm]
 Ordinata baricentro sezione: $Y_G = 60,00$ [cm]

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	205

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cm ²]

N°	X	Y	d	ω
1	4,00	8,00	20	3,14
2	22,40	8,00	20	3,14
3	40,80	8,00	20	3,14
4	59,20	8,00	20	3,14
5	77,60	8,00	20	3,14
6	96,00	8,00	20	3,14
7	96,10	112,30	18	2,54
8	77,66	112,30	18	2,54
9	59,22	112,30	18	2,54
10	40,78	112,30	18	2,54
11	22,34	112,30	18	2,54
12	3,90	112,30	18	2,54

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
M _Y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _X	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _Y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _X	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	0,0000	577,2400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	498,2200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	0,0000	387,2700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
4	0,0000	101,6800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	206

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 X_c posizione asse neutro espresso in [cm]
 α inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
 $(x_i; y_i) - (x_f; y_f)$ Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	X_c	α	$(x_i; y_i)$	$(x_f; y_f)$
3	21,24	0,00	(0,00; 98,76)	(100,00; 98,76)
4	21,24	0,00	(0,00; 98,76)	(100,00; 98,76)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 σ_{c-max} Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
 σ_{c-min} Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
 σ_{f-max} Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
 σ_{f-min} Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
 τ_c Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ_{c-max}	σ_{c-min}	τ_c	σ_{f-max}	σ_{f-min}
3	3,058	0,000	0,000	29,238	-195,960
4	0,803	0,000	0,000	7,677	-51,450

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 N_u Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
 M_{Xu} Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
 M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>799,6436</u>	1,39

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>799,6435</u>	1,61

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 M_x Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
 M_y Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
 σ_f Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
 σ_c Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
 A_{eff} Area efficace a trazione, espressa in [cm²]
 ϵ Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
 S_{rm} Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
 w Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M_x	M_y	σ_f	σ_c	A_{eff}	ϵ	S_{rm}	w
3	0,0000	578,4013	-292,673	-21,231	2300,00	0,0000	0	0,0000
4	0,0000	578,4013	-292,673	-21,231	2300,00	0,0000	0	0,0000

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	207

Inviluppo verifiche tensionali

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 3 - Muro posteriore

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	0,803	13,280	-3,732	3,099	-51,450	7,677	450,000	4
SLER	3,058	18,260	-14,216	3,099	-195,960	29,238	337,500	3

Inviluppo verifiche fessurazione

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
Aeff	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 3 - Muro posteriore

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-292,673	-21,231	225,557	0,0000	0,000	0,000	0,200	4
SLER	-292,673	-21,231	225,557	0,0000	0,000	0,000	0,200	3

**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

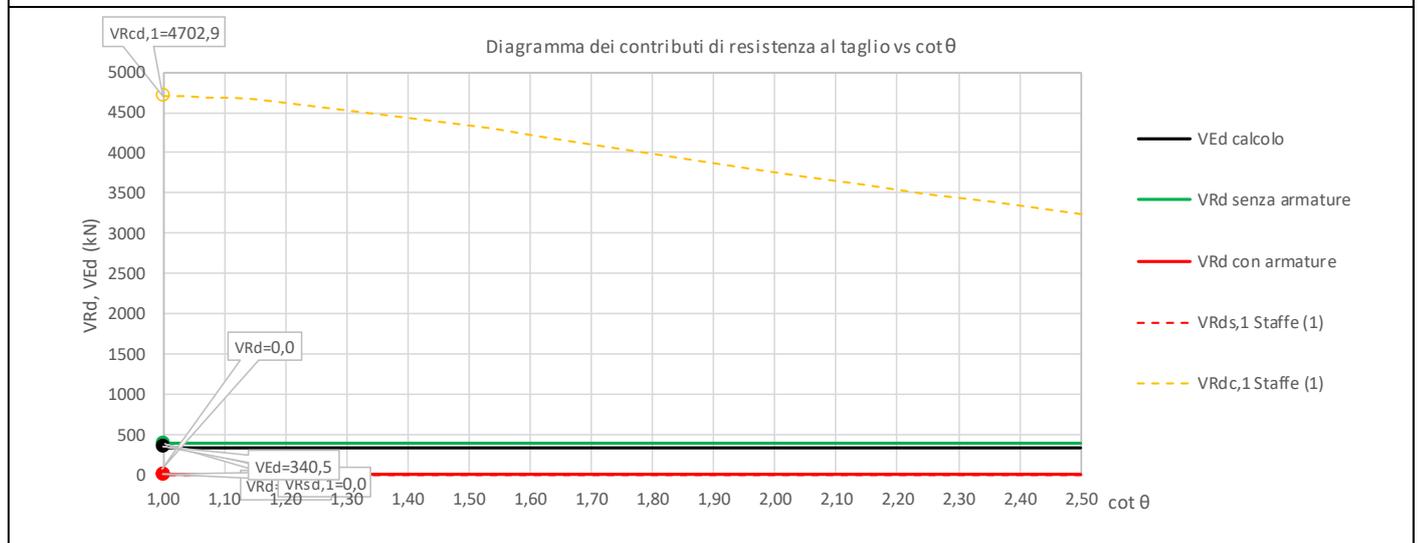
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	208

14.5.1.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni associate alle combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: MURO POSTERIORE				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO				
b_w	d	θ	$\cotg \theta$	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	f_{ck}	f_{cd}	γ_c		
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)			
1,00	1,11	45,00	1,00	0,0	340,5	136,6	33,20	18,81	1,50		
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$							
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)											
	f_{yd}	n	\varnothing	$A_{sl,\varnothing}$	A_{sl}						
	(MPa)		(mm)	(cm ²)	(cm ²)						
Barre B450C	391,3	6	20	3,14	18,85						
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)											
	A_{sl}	k_1	k	ρ_l (%)	v_{min}	σ_{cp}	α_c	V_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}		
	(cm ²)			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)			
	18,85	0,15	1,42	0,17%	0,34	0,00	1,00	380,8	89,4%	VERIFICA OK	



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	209

15. VERIFICHE LOCALI

15.1 BAGGIOLI

Si procede alla verifica del baggiolo tipologico di dimensioni 150x180x30 cm, armato in verticale con 1Ø16/10 distribuiti sui lati perimetrali, armato in orizzontale con 1Ø12/10 staffe cerchiati esterne (n°2 braccia per direzione) e 6Ø12/10 ganci interni (n°6 braccia per direzione).

Al fine di mantenere un abbondante margine di sicurezza, i carichi di progetto verticale N_{Ed} ed orizzontale V_{Ed} sono stati ipotizzati come i massimi concomitanti previsti su tutti gli appoggi (F)-(UT)-(UL)-(M), vedi tabelle specifiche, inoltre l'impronta degli appoggi stessi è stata assunta cautelativamente assunta di 80x80 cm.

Le verifiche sono state svolte secondo le indicazioni del CEB-FIP Model Code 90 e secondo quanto riportato in letteratura riguardo gli studi di diffusione delle tensioni di compressione e trazione su un volume generico di calcestruzzo (Leonhardt, 1973).

Per le azioni dell'appoggio si considera una eccentricità addizionale di 5 cm, quindi una centratura non ottimale delle azioni sul volume di calcestruzzo del baggiolo con conseguente riduzione dell'area efficace di contatto.

Si sono considerate le armature di cerchiatura come collaboranti per il 0% ai fini dell'aumento della resistenza a compressione del calcestruzzo in zona compressa (Region I), mentre per le tensioni di trazione interna si sono considerate solo le armature trasversali interne (Region II).

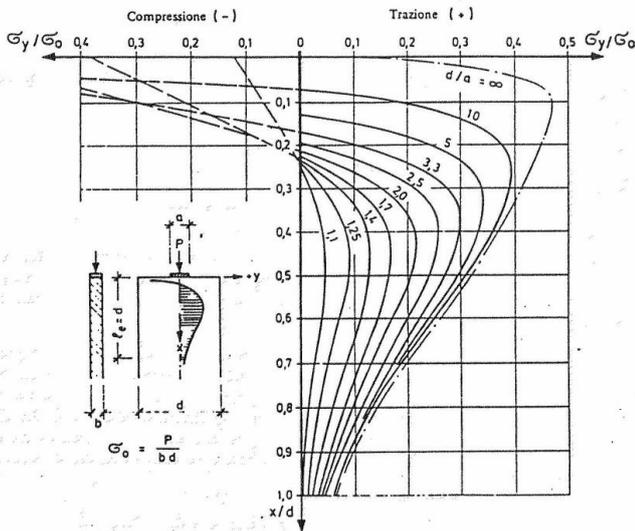


Fig. 3.6: Curve e grandezza delle tensioni trasversali σ_y , riferite a $\sigma_0 = \frac{P}{b \cdot d}$, lungo l'asse x per condizioni diverse d/a (40)

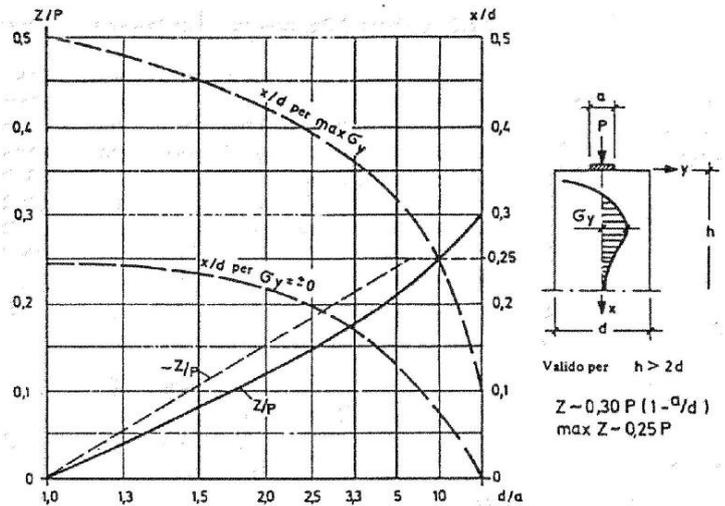


Fig. 3.8: Grandezza della forza di fenditura risultante Z, riferita al carico P, distanza della tensione massima trasversale $\max \sigma_y$ e distanza del punto con $\sigma_y = 0$ dal bordo caricato in lastre con $h > 2d$ (40)

Figura 77 – Grafici da F. Leonhardt, 1973 "Casi speciali di dimensionamento delle strutture in c.a. e c.a.p."

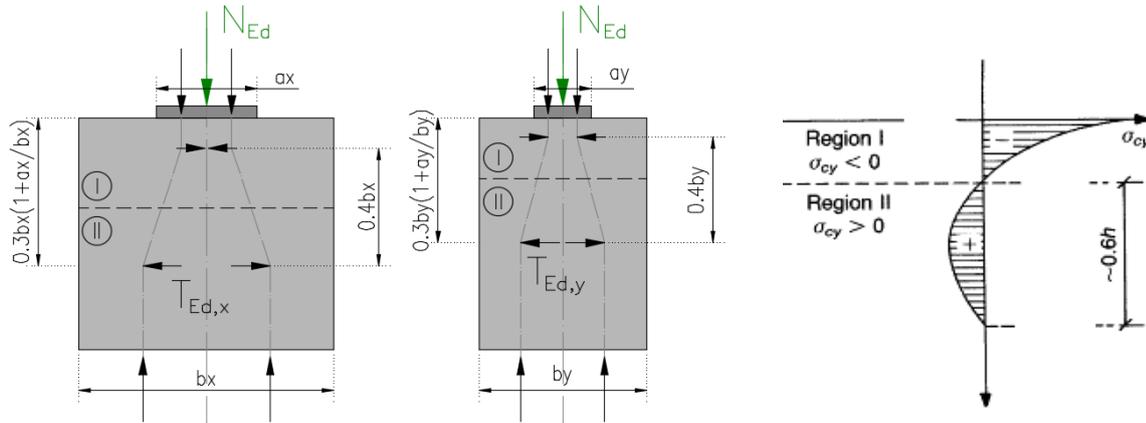
**VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	210

NOME: **BAGGIOLO TIPO**

VERIFICA BAGGIOLI (CEB-FIP MODEL CODE 90, F. LEONHARDT - 1973)

Rev. 09



GEOMETRIA, AZIONI E MATERIALI VOLUME DI CALCOLO (MC90 §3.3.1, Leonhart §3.3.1)

N_{Ed} (kN)	4450,0	b_x (m)	1,500	f_{yd} (MPa)	391,3
M_{Ed} (kNm)	222,5	b_v (m)	1,800	f_{ck} (MPa)	33,2
e_{max} (m)	0,050	a_x (m)	0,800	a'_{cc}	0,85
		a_y (m)	0,800	a'_x (m)	0,750
				a'_y (m)	0,750
Altezza (m)	Posiz. T_{Ed} (m)	Altezza zona (m)	Posizione zona	Posizione zona	
	(b)	Region II (0,6b)	Region I (grafico)	Region II	Region I
Direz. X	1,50	0,69	0,90	0,22	1,12
Direz. Y	1,80	0,78	1,08	0,23	1,31
			da (m)	a (m)	da (m)
			0,22	0,22	0,00
			0,23	0,23	0,22
					b/a'
					2,00
					2,40

VERIFICA ARMATURE ORIZZONTALI (Trazione, Region II, MC90 §3.3.1, Leonhart §3.3.1)

	A_{sh} (cm ²)	T_{Rd} (kN)	T_{Ed} (kN)	T_{Ed}/T_{Rd}	
Direz. X	3x6Ø12	20,35	796,2	> 667,5	83,8% VERIFICA OK
Direz. Y	3x6Ø12	20,35	796,2	> 778,8	97,8% VERIFICA OK

VERIFICA CALCESTRUZZO CONFINATO (Compressione, Region I, MC90 §3.3.1, Leonhart §3.3.1)

	A_{sh} (cm ²)	σ_1 (MPa)	α	σ_2 (MPa)	$f_{ck,c}$ (MPa)	$f_{cd,c}$ (MPa)	σ_{Ed} (MPa)	$\sigma_{Ed}/f_{cd,c}$
Direz. X	2x2Ø12	3,77	0,08	0,00	0,00	33,2	18,8	> 10,8
Direz. Y	2x2Ø12	3,77	0,08	0,00	0,00	33,2	18,8	> 10,3

$v = 0,20$ (formule cls confinato da EN 1992-1-1: 2005, NTC2018)
 C_{Ed} (kN) 890,0 ($C_{Ed} = v \cdot N_{Ed}$)

(stress compressione σ_{Ed} con distribuzione approssimata triangolare)

VERIFICA ARMATURE VERTICALI (Giunto di taglio, MC90 §6.10.2)

$V_{Ed,x}$ (kN)	5000,0	$N_{Ed,min}$ (kN)	1350,0	μ	0,60
$V_{Ed,y}$ (kN)	3350,0	$\sigma_{Ed,min}$ (MPa)	2,40	β_{fctd} (MPa)	0,00
V_{Ed} (kN)	6018,5	$f_{cd,c}$ (MPa)	18,8	A_{sv} (cm ²)	116,56 <-- (2x14+2x17)Ø16

$$\tau_{Rd} = \beta f_{ctd} + \mu(\rho f_{yd} + \sigma_{ed}) < 0.25 f_{cd}$$

T_{Rd} (MPa)	2,45	T_{Ed} (MPa)	2,23	T_{Ed}/T_{Rd}	90,9% VERIFICA OK
----------------	------	----------------	------	-----------------	-------------------

Figura 78 – Baggioli tipo – Verifica del calcestruzzo armato a compressione e trazione

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	211

15.2 DEFORMABILITÀ SPALLA

15.2.1 Verifiche sicurezza del binario

Per la sicurezza del binario occorre garantire quanto riportato al §2.5.1.4.5.2-3 del MdP.

“Al fine di garantire la sicurezza del binario rispetto a fenomeni di instabilità per compressione e rottura per trazione della rotaia, nonché rispetto ad eccessivi scorrimenti nel ballast, causa di un suo rapido deterioramento, occorre che vengano rispettati i seguenti limiti sull'incremento delle tensioni nel binario e sugli spostamenti relativi tra binario ed estradosso dell'impalcato o del rilevato. L'incremento massimo consentito di tensione nella rotaia causato dall'interazione binario-struttura prodotta dalle azioni indicate in 2.5.1.4.5.1 sarà assunto pari a:

$\Delta\sigma_{c,max} = 60 \text{ N/mm}^2$ (per la compressione)

$\Delta\sigma_{t,max} = 70 \text{ N/mm}^2$ (per la trazione)

Lo spostamento massimo consentito tra estradosso dell'impalcato o del rilevato e la faccia inferiore della traversa dovuto alle sole forze di avviamento e/o di frenatura sarà assunto pari a 5 mm. La verifica di sicurezza del binario, in termini di tensioni e spostamenti, andrà condotta considerando la combinazione caratteristica (rara) del metodo S.L.E., adottando per le azioni di cui al precedente punto 2.5.1.4.5.1 coefficienti $\gamma_{oi}=1,0$ fermi restando i su esposti limiti di incremento di tensione nella rotaia.”

“Gli effetti dell'interazione binario-struttura in termini di azioni longitudinali trasmesse alla sottostruttura (reazioni vincolari negli appoggi fissi), tensioni supplementari nel binario e scorrimenti relativi binario-impalcato, saranno valutati mediante una serie di analisi di simulazione del comportamento del ponte soggetto alle azioni termiche ed ai carichi orizzontali e verticali dei convogli in transito, portando in conto la resistenza ai movimenti longitudinali del binario e la rigidità della struttura, attraverso un modello di calcolo del tipo riportato in Fig. 2.5.1.4.5.3-1. In alternativa, è possibile effettuare una valutazione semplificata delle reazioni vincolari con il metodo riportato nell'Allegato 3, oppure con il metodo di cui all'Allegato 4 qualora siano rispettate le condizioni ivi elencate. In tal caso il rispetto dei limiti sulle altre grandezze di interesse (tensioni nelle rotaie e spostamenti relativi binario-impalcato) può ritenersi adeguatamente soddisfatto senza specifiche verifiche.”

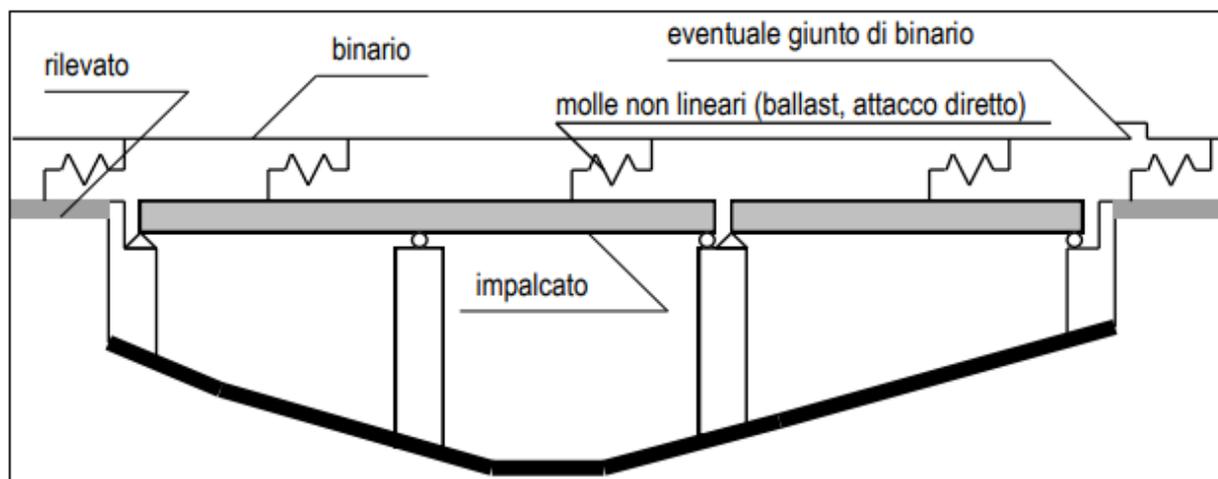


Fig. 2.5.1.4.5.3-1 - Schema di modello strutturale per valutare l'interazione.

Figura 79 – Interazione binario- struttura - Schema generale di calcolo

“ALLEGATO 4 – VALUTAZIONE SEMPLIFICATA DELLE REAZIONI DOVUTE AGLI EFFETTI DI INTERAZIONE, METODO PER SINGOLA LUCE APPOGGIATA

Per una sovrastruttura realizzata con un singolo impalcato (in semplice appoggio) non è necessario il controllo delle tensioni nella rotaia se:

- La sottostruttura ha rigidezza K sufficiente a limitare lo spostamento dell'impalcato in direzione longitudinale dovuto all'avviamento e alla frenatura δ_B , ad un massimo di 5 mm in presenza delle forze longitudinali dovute all'avviamento e alla frenatura definite in

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	212

2.5.1.4.3.3; per la determinazione degli spostamenti si raccomanda di prendere in conto la configurazione e le proprietà della struttura date in 2.5.1.4.5.3;

- Per le azioni da traffico verticale lo spostamento longitudinale dell'estradosso dell'impalcato all'estremità dovuto alla deformazione dell'impalcato δH , non supera i 5mm;
- La lunghezza di espansione L_T è minore di 40 m.”

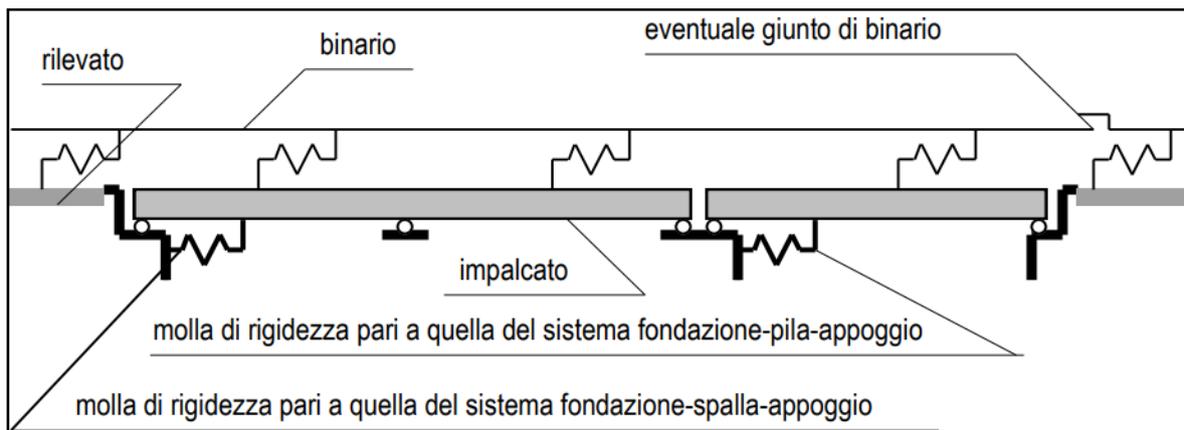


Fig. 2.5.1.4.5.3-3 - Schema di modello strutturale semplificato per valutare l'interazione.

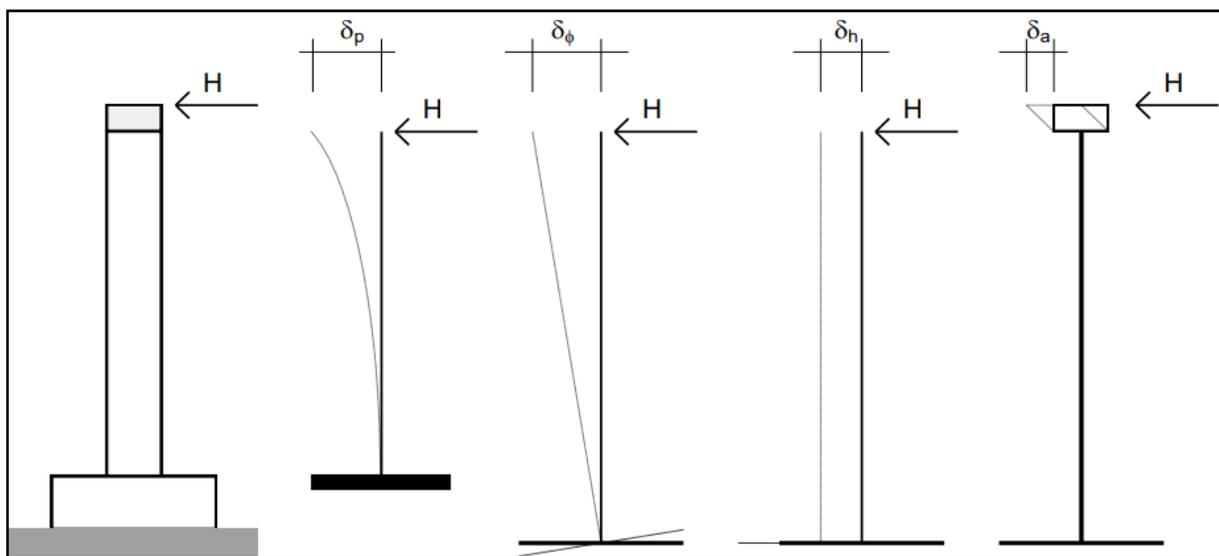


Fig. 2.5.1.4.5.3-4 - Individuazione dei contributi alla deformabilità complessiva del sistema fondazione-pila-appoggio

Figura 80 – Interazione binario- struttura - Schema semplificato di calcolo

Nel caso in oggetto, considerando la massima altezza pila prevista e le valutazioni effettuate nel dimensionamento delle sottofondazioni, alla cui documentazione di calcolo si rimanda per ulteriori dettagli, per la verifica di sicurezza si ha quanto segue.

MANDATARIA 	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
		VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	213

NOME: IMPALCATO L=25 m		CALCOLO FORZA AVVIAMENTO / FRENATURA				Rev. 00
L calcolo (m)	22,80	Lunghezza tra appoggi	Distanza PF/appoggi (m)			3,30
L (m)	25,00	Lunghezza di binario carico				
TRENO LM71 e SW/0		TRENO SW/2				
α (-)	1,10	α (-)	1,00			
$Q_{3,f}$ (kN)	550,0	$Q_{3,f}$ (kN)	875,0	Forza frenatura caratt. longitudinale		
$V_{3,f}$ (kNm)	79,6	$V_{3,f}$ (kNm)	126,6	Forza frenatura caratt. verticale		
$Q_{3,a}$ (kN)	907,5	$Q_{3,a}$ (kN)	825,0	Forza avviamento caratt. longitudinale		
$V_{3,a}$ (kNm)	131,3	$V_{3,a}$ (kNm)	119,4	Forza avviamento caratt. verticale		
VERIFICHE SICUREZZA BINARIO (§2.5.1.4.5.3 MdP)						
$Q_{3,f}$ (kN)	875,0	Massima azione frenatura per LM71 o SW/0 o SW/2				
$Q_{3,a}$ (kN)	907,5	Massima azione avviamento per LM71 o SW/0 o SW/2				
H (kN)	1782,5	Massima azione applicata all'appoggio				
I_L (m ⁴)	30,38	Inerzia longitudinale elevazione				
E (MPa)	33346	Modulo elastico elevazione				
H_{elev} (m)	6,00	Altezza elevazione				
K (kN/m)	14067844	$K=(3 \cdot E \cdot I_L)/H_{elev}^3$				
δ_p (mm)	0,1	Spostamento deformabilità elastica elevazione			(da calcolo fondazioni)	
δ_φ (mm)	0,0	Spostamento deformabilità rotazione fondazione			φ (rad)	1E-05
δ_h (mm)	1,0	Spostamento deformabilità traslazionefondazione			s_h (mm)	1,0
δ_a (mm)	1,0	Spostamento deformabilità appoggi				
$\Sigma \delta_i$ (mm)	2,1	Spostamento totale		<	5.0 mm	OK VERIFICATO

15.2.2 Effetti del secondo ordine

Con riferimento alle valutazioni degli spostamenti orizzontali di testa spalla effettuati nella condizione di esercizio SLE RA (verifica di sicurezza del binario) e nella condizione sismica SLV (verifiche escursione giunti), visti i valori trascurabili in relazione alle dimensioni e alla snellezza della sottostruttura, si conferma che gli effetti del secondo ordine dei carichi applicati verticali sono irrilevanti ai fini dei calcoli di dimensionamento.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO	
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	214

15.3 RITEGNI

Si verificano i ritegni trasversali e longitudinali alle massime azioni sismiche SLV secondo il modello teorico locale a tirante – puntone, come previsto in ENV 1992 e CEB-FIP Model Code 90.

Nei paragrafi seguenti viene indicata la geometria, lo schema di calcolo, le armature previste e le massime azioni orizzontali N_{Ed} considerate nei vari casi, nell'ipotesi a favore di sicurezza di un'amplificazione delle forze sismiche trasmesse di 1.10 e di spessori strutturali delle superfici di contatto cautelativamente ridotte.

15.3.1 Campata L=25 m

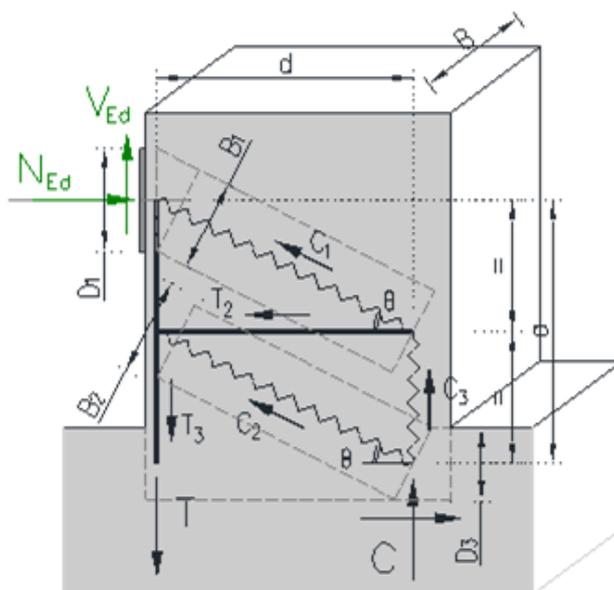
15.3.1.1 Ritegni trasversali

Dato che si tratta degli stessi elementi di ritegno, fare riferimento a quanto riportato nella relazione di calcolo delle pile.

15.3.1.2 Ritegni longitudinali

Si considera l'azione $N_{Ed}=1.10 \cdot 5050 = 5550$ kN, un'armatura al corrente teso verticale di $2 \times 1\text{Ø}24/10$ e un'armatura distribuita interna di staffe/ganci $1\text{Ø}20/10/20$ ad assorbire le trazioni orizzontali all'interno del ritegno, $1\text{Ø}20/10/20$ a contribuire all'aumento di resistenza per confinamento del corrente di calcestruzzo compresso.

NOME: RITEGNI LONG. L=25m		VERIFICHE LOCALI METODO STRUT-TIE (ENV 1992, CEB-FIP MC90)				Rev. 09	
GEOMETRIA		MATERIALI				AZIONI	
D_1 (m)	0.20	B (m)	1.80	$f_{y,d}$ (MPa)	391.3	N_{Ed} (kN)	5500.0
D_3 (m)	0.28	θ (rad)	0.431 (24.7°)	$f_{c,k}$ (MPa)	33.20	V_{Ed} (kN)	0.0
a (m)	0.69			α_{cc}	0.85		
d (m)	0.75			ν	0.87		
VERIFICA ARMATURA							
- Tiranti tesi							
$T=T_3$ (kN)	3524.0						
A_s (mm ²)	9552 (1x1Ø26/10)	$\sigma_{Ed}/f_{y,d}$	94.3%	VERIFICA OK			
σ_s (MPa)	368.93						
$T_w=T_2$ (kN)	5500.0						
A_{sw} (mm ²)	19499 (1Ø20/10/20)	$\sigma_{Ed}/f_{y,d}$	72.1%	VERIFICA OK			
σ_{sw} (MPa)	282.06						
VERIFICA CALCESTRUZZO							
- Armatura di confinamento (NTC2018 §4.1.2.1.2.1)							
A_{sh} (mm ²)	28260 (1Ø20/10/20)	$f_{c,k,c}$ (MPa)	52.7				
σ_1 (MPa)	6.14	$f_{cd,c}$ (MPa)	29.9				
α	1.00	$\sigma_{Rd,max}$ (MPa)	25.90				
σ_2 (MPa)	6.14						
- Puntoni compressi							
C_1 (kN)	6054.0						
B_1 (m)	0.18	$\sigma_{Ed}/\sigma_{Rd,max}$	71.5%	VERIFICA OK			
σ_{c1} (MPa)	18.51						
$C=C_2$ (kN)	6054.0						
B_2 (m)	0.67	$\sigma_{Ed}/\sigma_{Rd,max}$	19.4%	VERIFICA OK			
σ_{c2} (MPa)	5.02						



VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59:
Relazione di calcolo Spalla S2

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	215

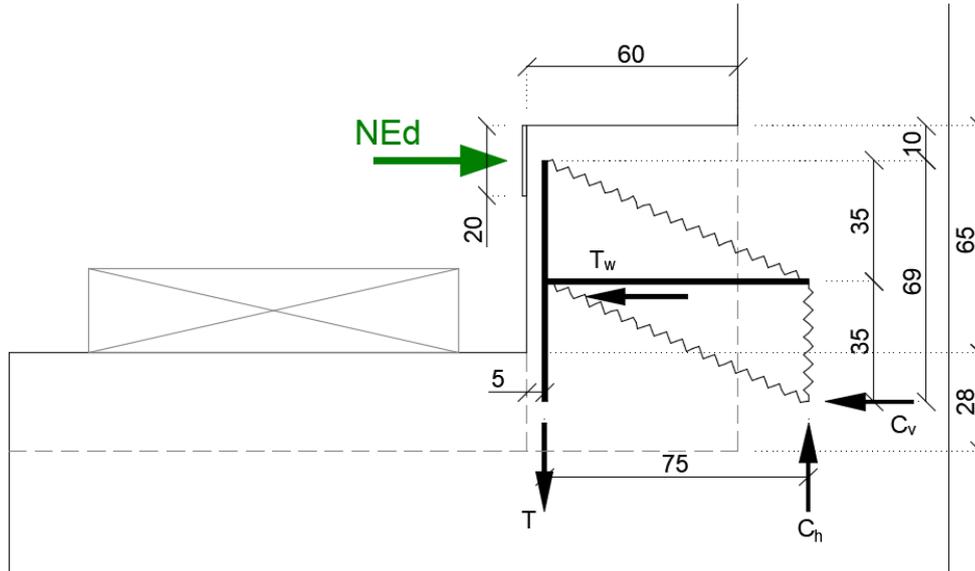


Figura 81 – Schema delle verifiche locali del ritegno longitudinale

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	216

16. RIEPILOGO INCIDENZE C.A.

Dalle verifiche effettuate sugli elementi in c.a. costituenti la sottostruttura in oggetto, si riassumono di seguito i principali valori di incidenza di armature previsti rispetto ai volumi totali di calcestruzzo.

Sottostruttura	Plinto (kg/m ²)	Elevazione (kg/m ²)	Solettone (kg/m ²)	Muri (kg/m ²)	Paraghiaia (kg/m ²)	Baggioli (kg/m ²)	Ritegni (kg/m ²)
SPALLA SP2	80	80	140	120	100	350	450

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	217

17. APPOGGI E GIUNTI

17.1 APPOGGI

Gli apparecchi d'appoggio sono dimensionati per le massime azioni statiche orizzontali, trasversali e verticali in condizione statica SLU e sismica SLV, con riferimento all'analisi elastica con $q=1.00$.

Le massime azioni sismiche assorbite dai vincoli dell'impalcato in c.a.p. $L=25$ m sono state valutate considerando lo spettro elastico longitudinale o trasversale del primo periodo di vibrazione della pila più sollecitata in condizione sismica, nel caso del viadotto in esame quella di altezza massima $H=10.5$ m.

Tale assunzione risulta a favore di sicurezza anche per le spalle.

Massa efficace longitudinale (kg)	1288603	(Intera campata)
Massa efficace trasversale (kg)	687982	(Mezza campata)
Massa efficace verticale (kg)	687982	(Mezza campata)
Forza sismica longitudinale (kN)	9643	
Forza sismica trasversale (kN)	3364	
Forza sismica verticale (kN)	1005	
Spettro elastico longitudinale $Se(T)$ (g)	0,7629	(vedi calcolo pila CAP $H=10.5$ m)
Spettro elastico trasversale $Se(T)$ (g)	0,4985	
Spettro elastico verticale $Sve(T)$ (g)	0,1489	

IMPALCATO CAP L=25m									
APPOGGI	Appoggio (F)			Appoggio (UL)			Appoggio (M)		
	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.
SLU PERM									
Max (kN)	±0	±0	+1350	±0	±0	+1350	±0	±0	+2750
Min (kN)	±0	±0	+1350	±0	±0	+1350	±0	±0	+2750
SLU									
Max (kN)	±300	±300	+3050	±0	±600	+3350	±0	±0	+4450
Min (kN)	-±850	-±50	+950	±0	-±100	+950	±0	±0	+1550
SLV									
Max (kN)	±5000	±1700	+1300	±0	±3350	+1300	±0	±0	+2250
Min (kN)	-±4600	-±1700	+700	±0	-±3350	+700	±0	±0	+1400
TOTALE (kN)	±5000	±1700	±3050	±0	±3350	±3350	±0	±0	±4450
Spost. Max (mm)	-	-	-	±160	-	-	±160	±5	-

17.2 ESCURSIONE DEI GIUNTI

In accordo con il p.to 2.5.2.1.5.1 del RFI DTC SICS PS MA IFS 001 A, per ponti e viadotti costituiti da una serie di travi semplicemente appoggiate di uguale luce, l'entità dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi di appoggio mobili può essere valutata come segue:

$$E_L = k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 \cdot (2D_t + 4d_{Ed} \cdot k_2 + 2d_{eg})$$

E_1 spostamento dovuto alla variazione termica uniforme

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	218

E_2 spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica

E_3 spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni non collegate

k_1 coefficiente di non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo

k_2 coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti

$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$ spostamento relativo totale tra le parti, pari allo spostamento d_E prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato nel paragrafo 7.3.3.3 delle NTC 2008

d_{Ee} spostamento corrispondente al periodo di vibrazione della pila ricavato dallo spettro elastico in termini di spostamento e $\mu_D = q$ per $T_1 \geq T_C$ oppure $\mu_D = 1 + (q-1) \cdot T_C / T_1$ per $T_1 < T_C$ e con la limitazione $\mu_D \leq 5q-4$ (q è il fattore di struttura).

d_{eg} spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno, da valutare secondo il paragrafo 3.2.3.3 delle NTC 2008. Il valore di spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo di un punto può calcolarsi come $d_g = 0.025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C T_D$

a_g, S, T_C, T_D parametri sismici definiti ai capitoli precedenti

Nel caso in esame si ha che l'impalcato risulta vincolato con appoggi fissi al pulvino spalla, pertanto le fondazioni sono tra loro collegate e prive di spostamenti relativi, sia in condizione statica che sismica.

L'unico spostamento relativo al livello del giunto strutturale risulta in una minima deformazione termica del retrotrave, la quale escursione viene imposta con il valore convenzionale di ± 5 mm e un varco di dimensioni 50 mm.

LINEA PESCARA – BARI

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

VI02 da km 3+388,59 a km 5+148,59: Relazione di calcolo Spalla S2	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	02	04	002	B	219

18. ALLEGATI DI CALCOLO