

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

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11

Relazione di calcolo Spalla S1

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 1 1 0 4	0 0 1	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	14/06/2023	Martignoni	15/06/2023	Rinaldi	16/06/2023	
								n. Elab.

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 11 04			PROGR 001	REV B

INDICE

1.. PREMESSA	3
2.. DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
2.1 Descrizione della spalla in esame	6
3.. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	8
3.1 Normativa di riferimento	8
3.2 Normativa tecnica nazionale	8
3.3 Manuali ITF	9
3.4 Bibliografia e altri riferimenti	9
4.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	10
4.1 Calcestruzzo	10
4.2 Acciaio	11
4.3 Durabilità	12
5.. APPROCCIO DI CALCOLO.....	16
5.1 Caratteristiche delle opere.....	16
5.2 Criteri generali di verifica	16
5.3 Software di calcolo	23
5.4 Validazione programmi di calcolo	25
6.. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	26
6.1 Categoria di sottosuolo.....	26
6.2 Capacità portante dei pali e stratigrafia di progetto.....	26
7.. ANALISI DEI CARICHI	27
7.1 Azioni permanenti strutturali (G_1).....	27
7.2 Azioni permanenti non strutturali (G_2).....	27
7.3 Ritiro del calcestruzzo (ϵ_2)	29
7.4 Spinta del terreno (G_3).....	30
7.5 Azioni variabili verticali (Q)	33
7.6 Azioni Eccezionali (A).....	43
7.7 Azioni variabili orizzontali (Q)	48
7.8 Azione del vento (Q_6)	58
7.9 Azione sismica (e).....	63
7.10 Variazioni termiche (Q_7)	77
7.11 Attrito (Q_8)	77
7.12 Scarichi agli appoggi	78

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	2

8..	COMBINAZIONI DI CARICO	80
8.1	Combinazioni di carico adottate.....	81
9..	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	83
9.1	Elementi in cemento armato.....	83
10.	MODELLO DI CALCOLO	89
11.	ANALISI SPALLA FISSA S1	90
11.1	Azione impalcati.....	90
11.2	Sollecitazioni elevazione	96
11.3	Sollecitazioni in fondazione	104
11.4	Sollecitazioni muro paraghiaia.....	113
11.5	Sollecitazioni muro d'ala.....	117
11.6	Verifiche Muro Frontale	125
11.7	Verifiche plinto fondazione	137
11.8	Verifiche Muro Paraghiaia	147
11.9	Verifiche muro d'ala.....	153
12.	VERIFICHE LOCALI.....	165
12.1	Baggioli	165
12.2	Deformabilita' spalla	167
12.3	Ritegni.....	170
13.	RIEPILOGO INCIDENZE C.A.	173
14.	APPOGGI E GIUNTI.....	174
14.1	Appoggi.....	174
14.2	Escursione dei giunti	174

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	3

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.

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	4

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione ha per oggetto l'analisi e la verifica della Spalla S01 che sostiene la campata in c.a.p. da 25 m del viadotto ferroviario denominato VI11, previsto tra le progressive chilometriche 20+591,11 e 20+616,11.

Il viadotto, avente lunghezza complessiva pari a circa 25m è a doppio binario composto da 1 campata in C.A.P 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.

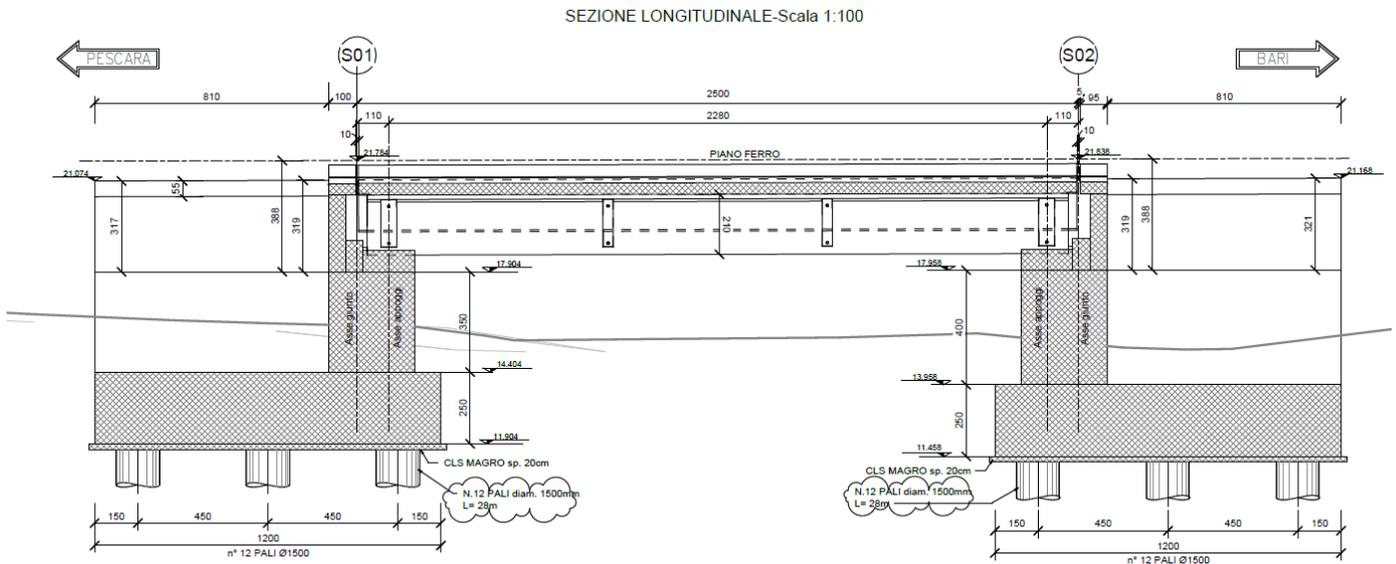


Figura 1 – Profilo longitudinale VI11

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.

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	5

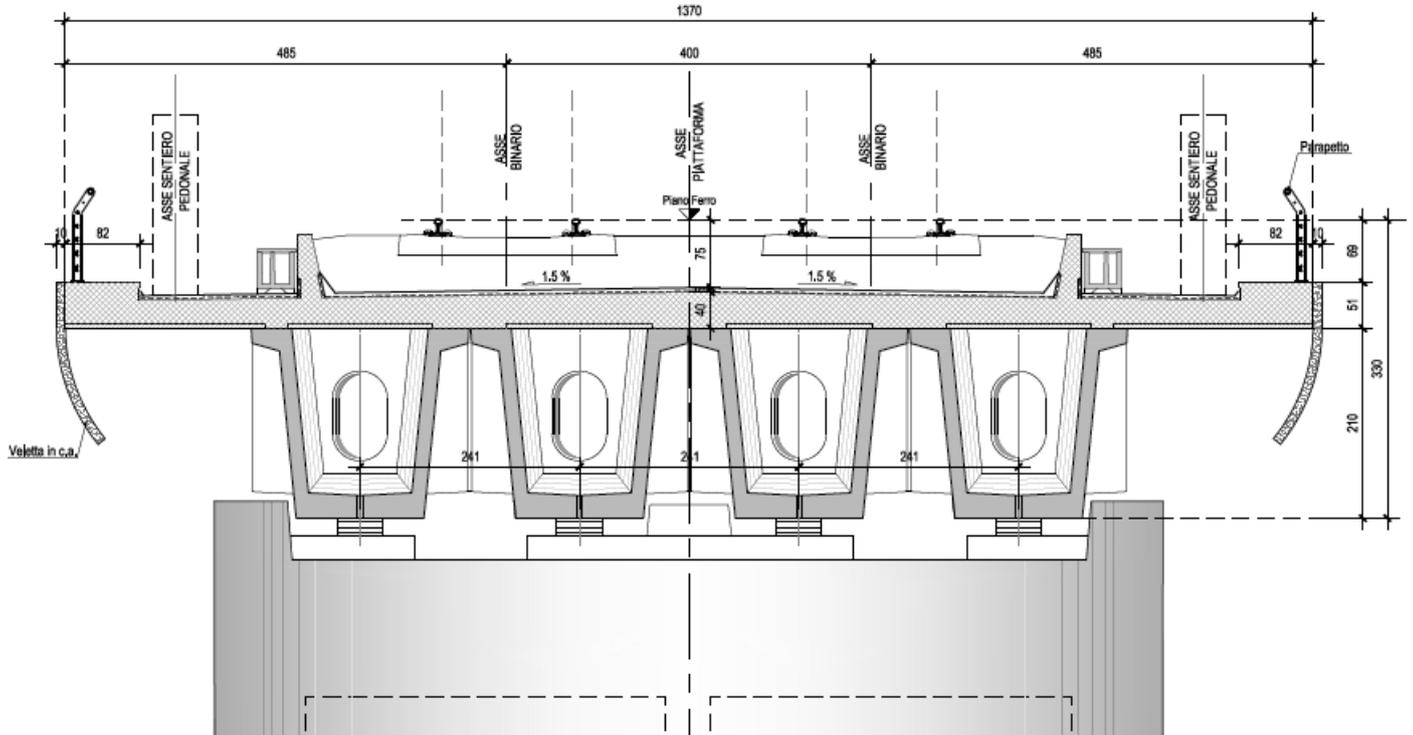


Figura 2 – Sezione trasversale impalcato

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

WBS	SPALLE	H _{calcolo}	IMPALCATI							SISMA		FONDAZIONE				
			R _{min}	Lato sx	L	App.	Lato dx	L	App.	Zona Sismica	Categoria Sottosuolo	D _{pali}	n _{pali}	Stratig.	Liquefaz.	Scalam.
			[m]		[m]			[m]				[m]	[m]			[m]
VI11	S01	3.50	∞	-	-	-	C.a.p.	25	Fisso	S4	B	1.5	12	1	NO	-
	S02	4.00	∞	C.a.p.	25	Mobile	-	-	-	S4	B	1.5	12	1	NO	-

Tabella 1 – Sintesi delle spalle VI11

Oggetto del presente documento sono quindi le analisi e le verifiche delle spalle, in particolare della spalla S01, relativa all'impalcato in c.a.p.

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	6

2.1 DESCRIZIONE DELLA SPALLA IN ESAME

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

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

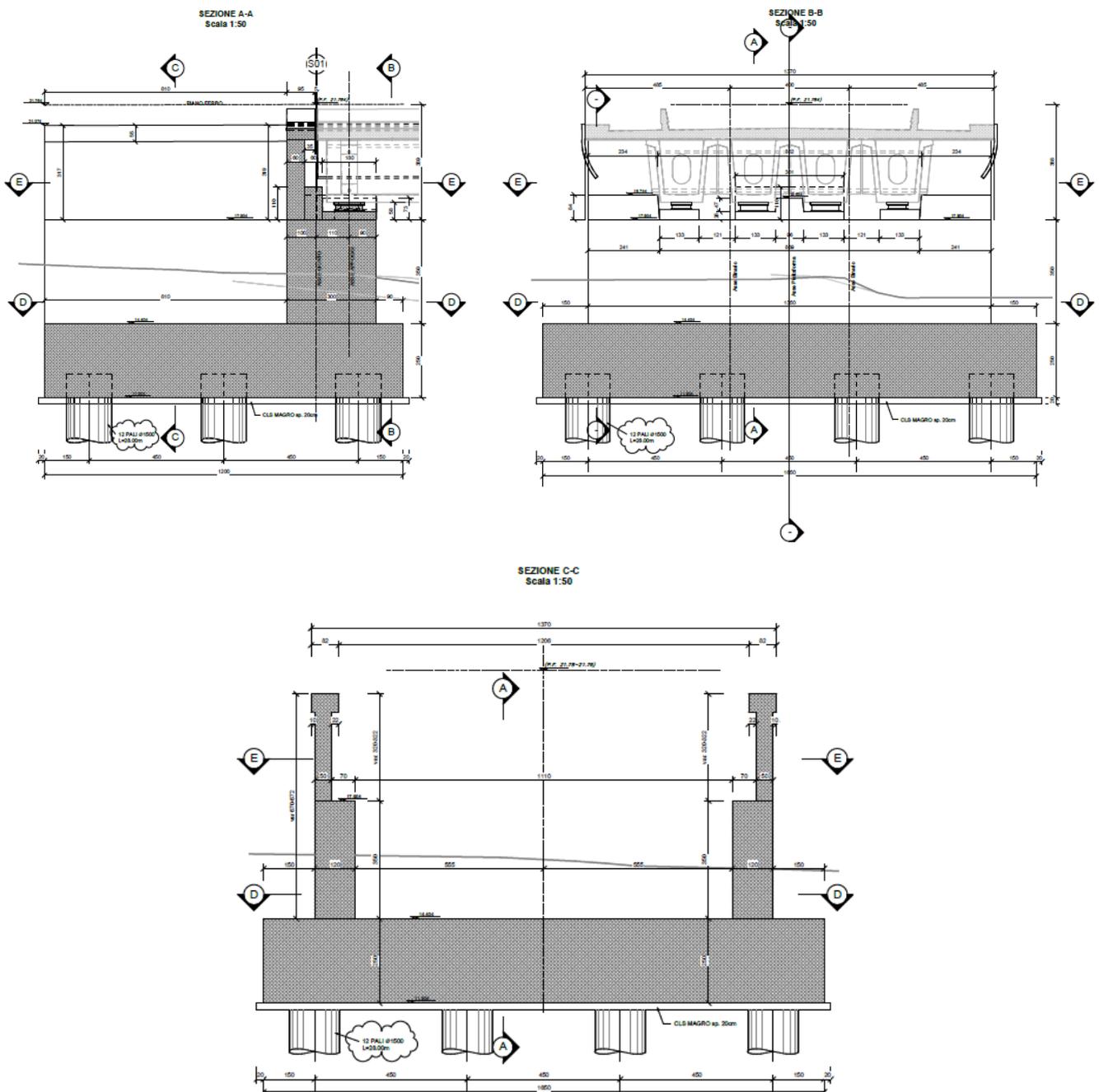


Figura 3 – Sezioni in direzione longitudinale e trasversale

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	7

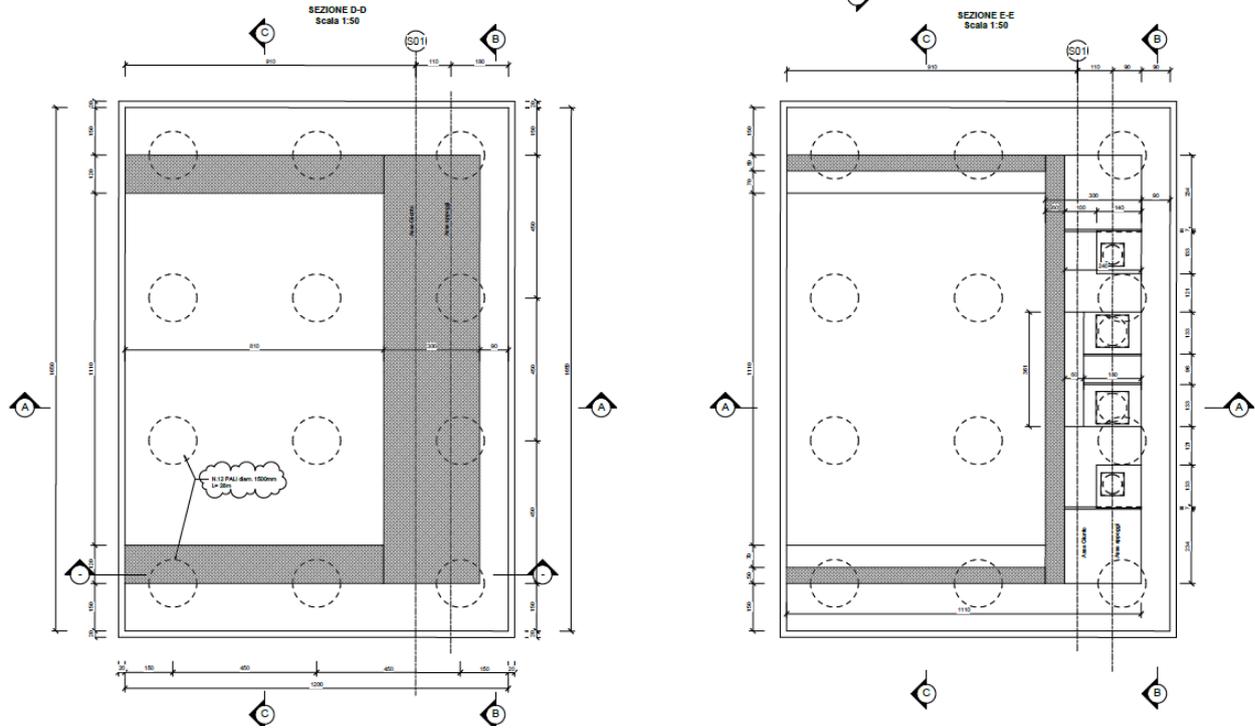


Figura 4 – Vista in pianta

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	8

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								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	9

[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  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	10

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  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	11

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	12

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. 11 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 prescritta 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										
		VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	13

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: XC2 0,6 C25/30 300 - - - -
Rapporto max A/C	XC2 0,60	
Classe di resistenza minima	C25/30	
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	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**

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	14

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:
Rapporto max A/C	XC4	XS1	XC4+XS1
Classe di resistenza minima	0,50	0,50	0,5
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	C32/40	C32/40	C32/40
Contenuto minimo di aria (%)	340	340	340
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

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	15

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. CIs in esterni con superfici soggette ad alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. CIs 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. CIs di strutture in zone costiere.					
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)								
		XC4		XS1			Mix design di progetto:	
	Rapporto max A/C	0,50		0,50			XC4+XS1	
	Classe di resistenza minima	C32/40		C32/40			0,5	
	Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	340		340			C32/40	
	Contenuto minimo di aria (%)	-		-			340	
	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)	30
Ambiente Aggressivo								
Vita nominale		75	valori tabella +5 mm		C	C32/40	Classe di resistenza utilizzata	
Controllo qualità speciale cls		SI	valori tabella -5 mm		C_0	C40/50		
Elemento a piastra		SI			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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	16

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 & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	17

5.2.2 Stati limite ultimi

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

$R_d \geq E_d$	(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								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	18

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_{Ce}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	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
Gruppi di carico	gr_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione 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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	19

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

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	20

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	21

- *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.T.F.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	22

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	23

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 A R.L.</small>		MANDANTI HY pro <small>S.T.F.</small>		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	24

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								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	25

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								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	26

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

6.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Dalle indagini sismiche (S30) 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 B.

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								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	27

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										
		VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 11 04			PROGR 001	REV B

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

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

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	29

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 & 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										
		VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 11 04			PROGR 001	REV B

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 / Stav)	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

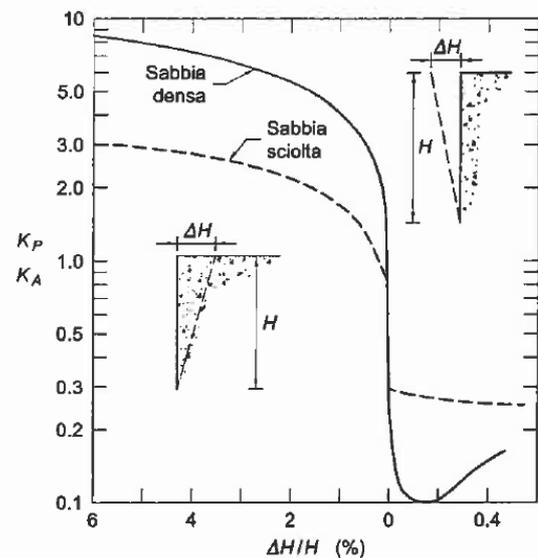


Figura 5 - Spostamenti relativi muro-terreno necessari per il raggiungimento di un regime di spinta attiva secondo EC7 Annex C e Lancellotta (1999)

7.4.1 Spinta a riposo

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

$$S_{0h} = \int_0^H \sigma_h(z) dz \quad \text{spinta a riposo statica totale sul muro}$$

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								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	31

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

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

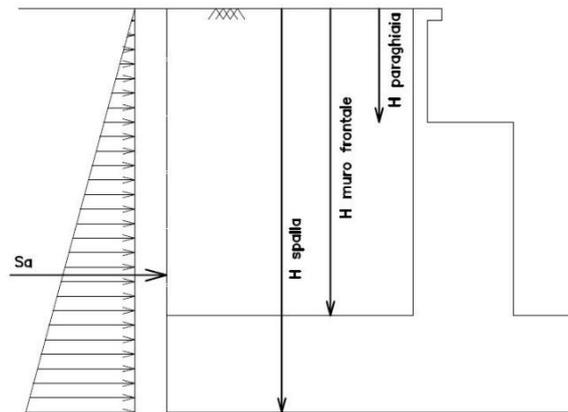


Figura 6: Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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

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

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

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	32

$$\psi = 90^\circ$$

 β
 c

angolo tra parete di spinta e piano orizzontale

angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

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:

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

 γ_{sat}
 γ_w

$$S_{\text{ah}} = \int_0^H \sigma'_h(z) dz + E_{\text{ws}} + E_{\text{wd}}$$

$$\sigma'_h(z) = \sigma'_h(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

 $\sigma'_v(z)$
 E_{ws}
 E_{wd}

peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori)

peso di volume dell'acqua

spinta attiva statica totale efficace sul muro

pressione orizzontale di spinta efficace del terreno

pressione verticale efficace del terreno

spinta idrostatica

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	33

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										
		VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 11 04			PROGR 001	REV B

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.

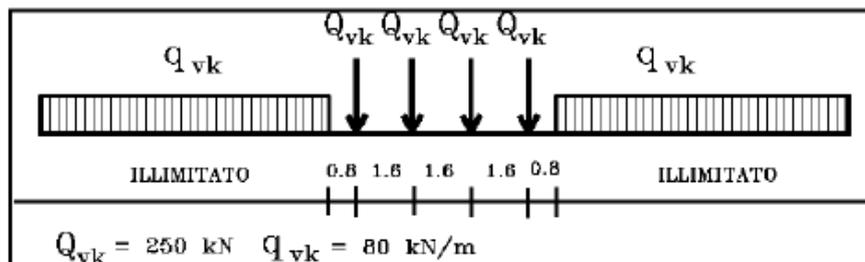


Fig. 5.2.1 - Modello di carico LM71

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.

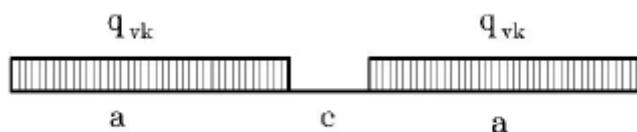


Fig. 5.2.2 -Modelli di carico SW

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								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	35

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.

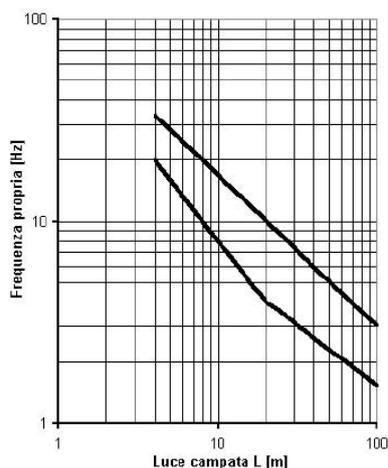
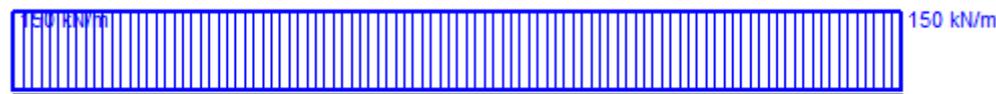


Fig. 5.2.7 - Limiti delle frequenze proprie n_0 in Hz in funzione della luce della campata

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									
		VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 11 04			PROGR 001

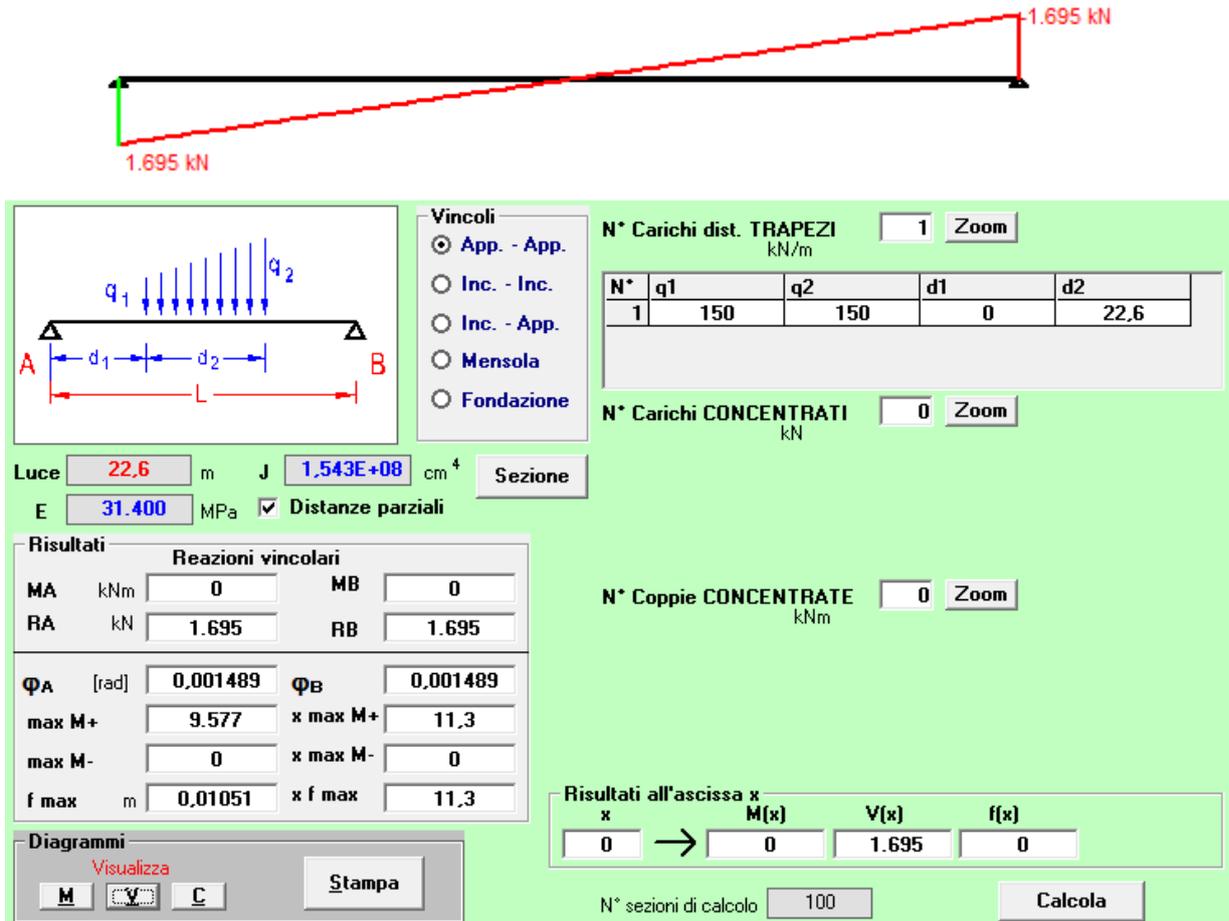


Figura 11 – Condizione di massimo taglio all'appoggio – Modello di carico SW/2

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

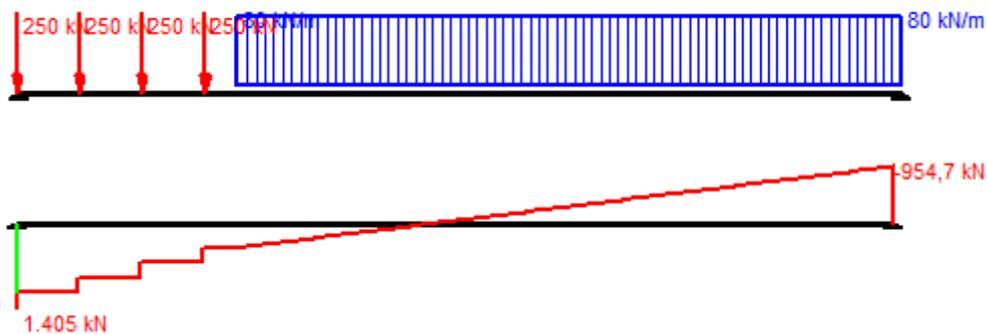
$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 1695 / (22.60/2) = 150.0 \text{ kN}$$

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

(Q1_SW/2 B1)

Carico equivalente tagliante

Azione verticale applicata con $e=+2.00 \text{ m}$



MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	37

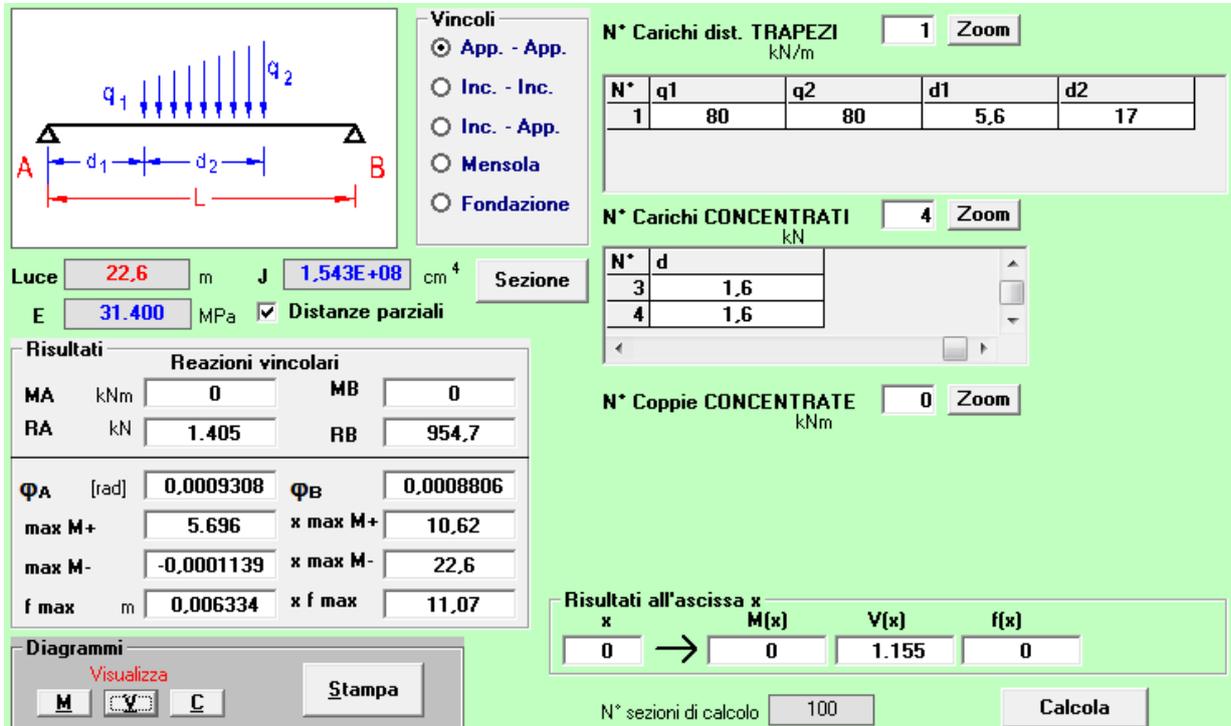


Figura 12 – Condizione di massimo taglio all'appoggio – Modello di carico LM71

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

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

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

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

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

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

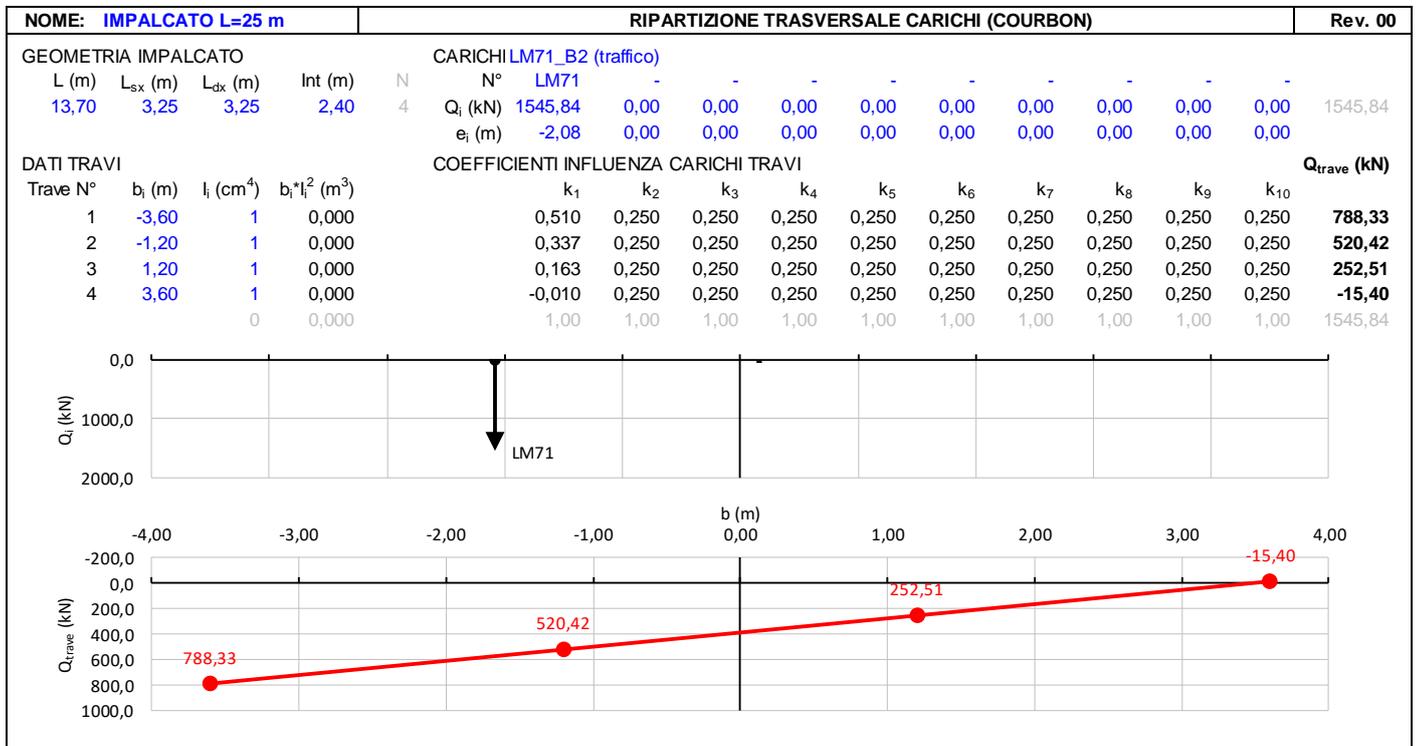
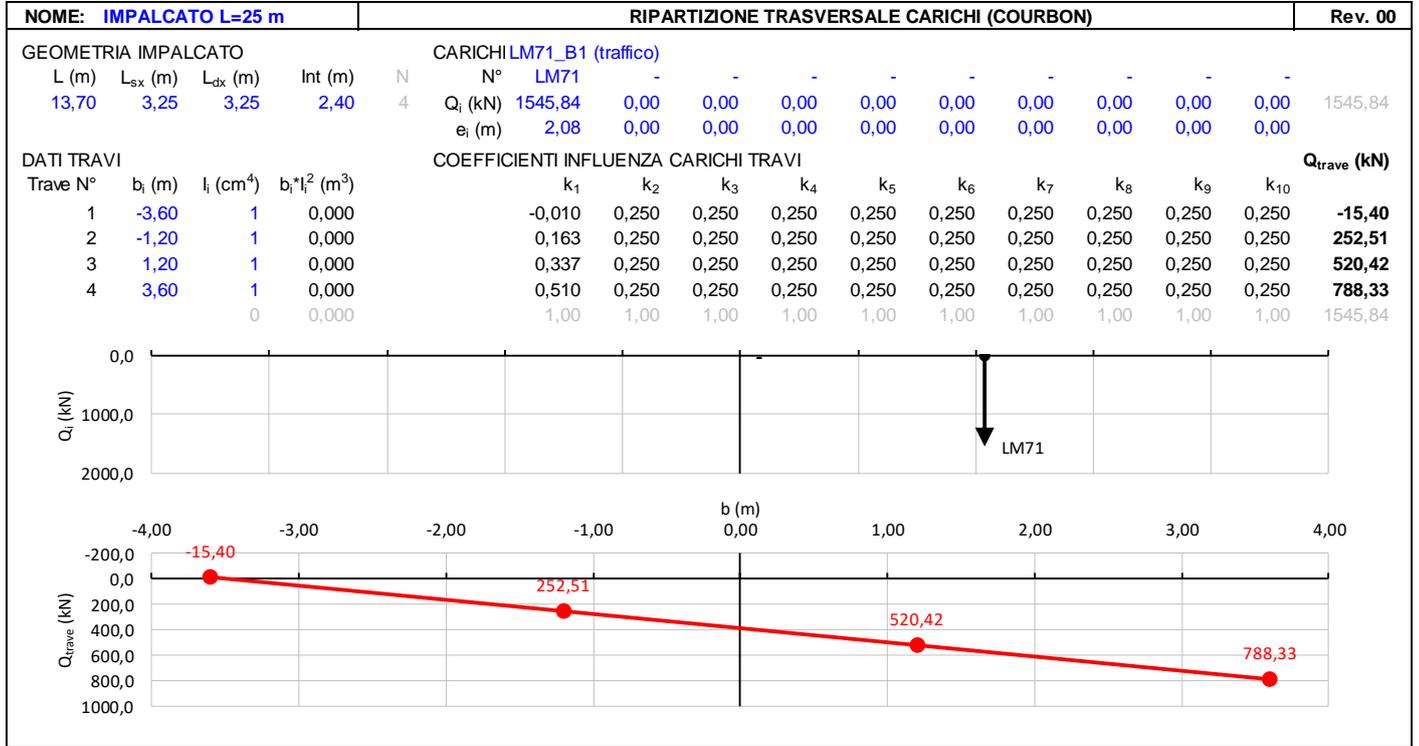
$$Q_1 = \Phi_3 \cdot \alpha \cdot q'_v \cdot L/2 = 1.00 \cdot 1.10 \cdot 124.3 \cdot 22.60/2 = 1545.1 \text{ kN}$$

(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.

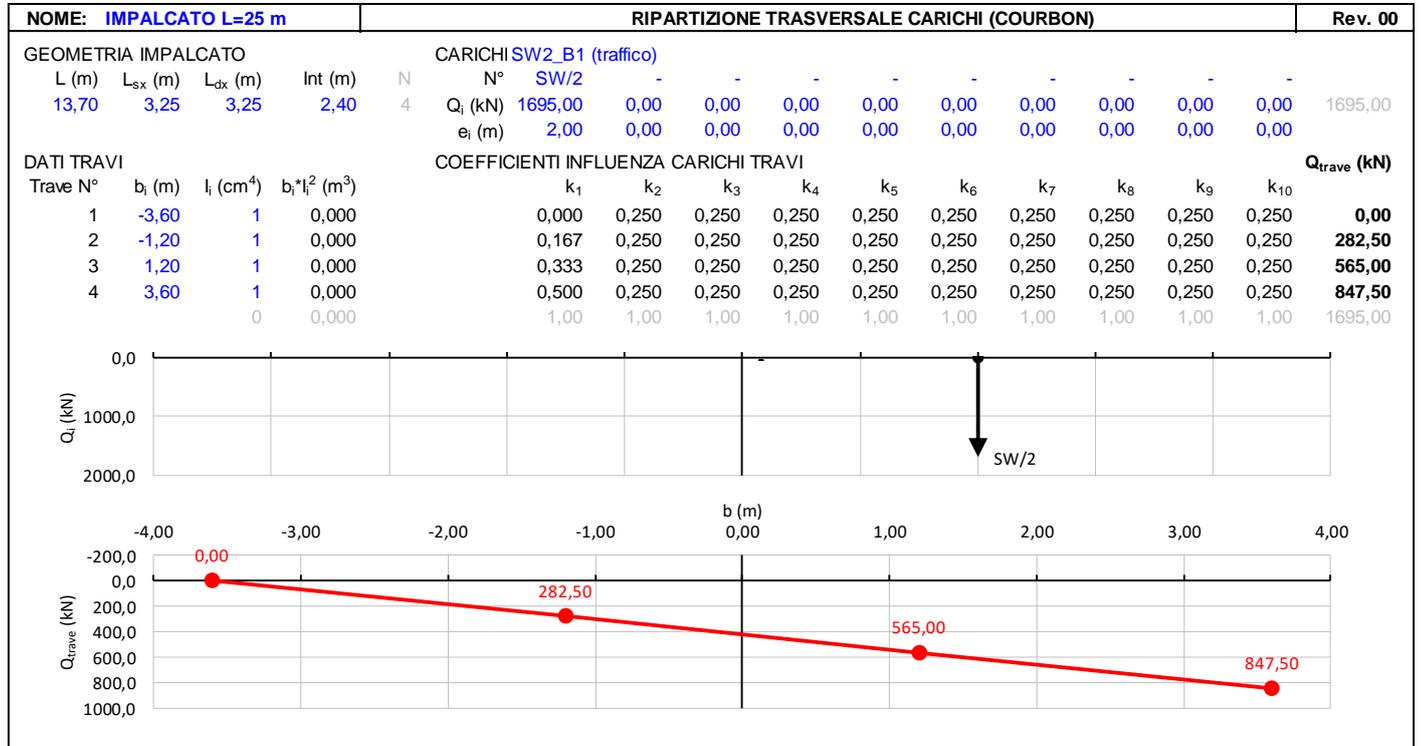
**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	38



**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	39



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=2200 m, si ha un decentramento del carico pari a circa $e=R-\sqrt{(R^2-L^2/4)}=0,035$ 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 & 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								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	40

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.

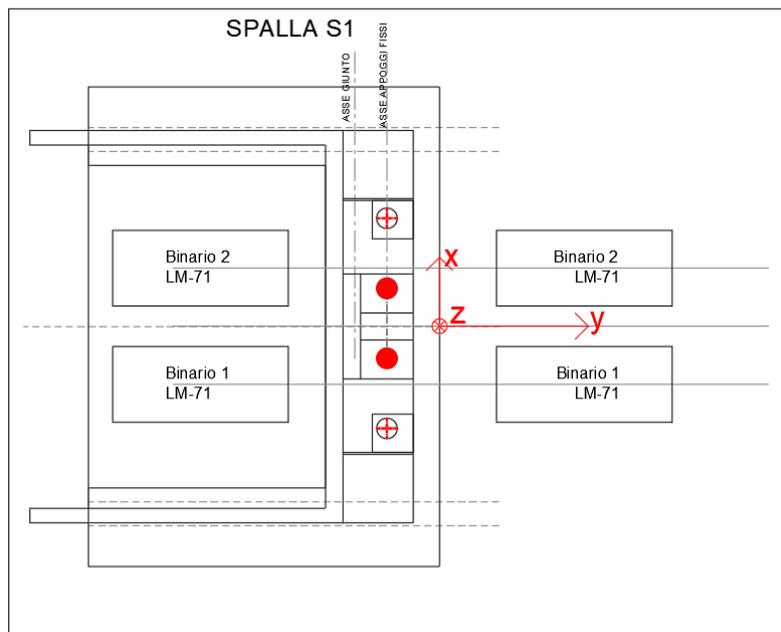
Dietro la spalla si è considerato un sovraccarico da traffico generato dalla presenza del treno di carico LM71 su entrambi i binari dietro la spalla, che si considera in contemporaneo alla presenza dei treni di carico in campata.

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:

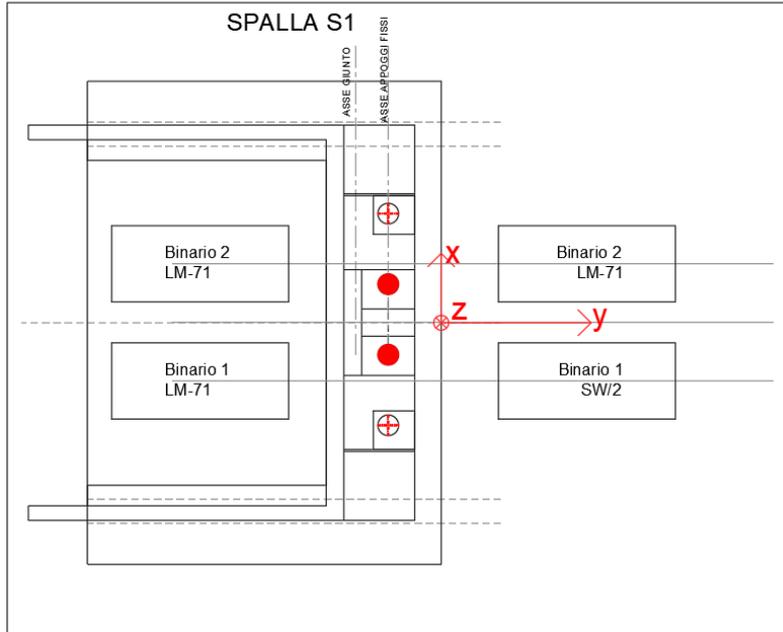
TRAFFICO-1



**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	41

TRAFFICO-2



TRAFFICO-3

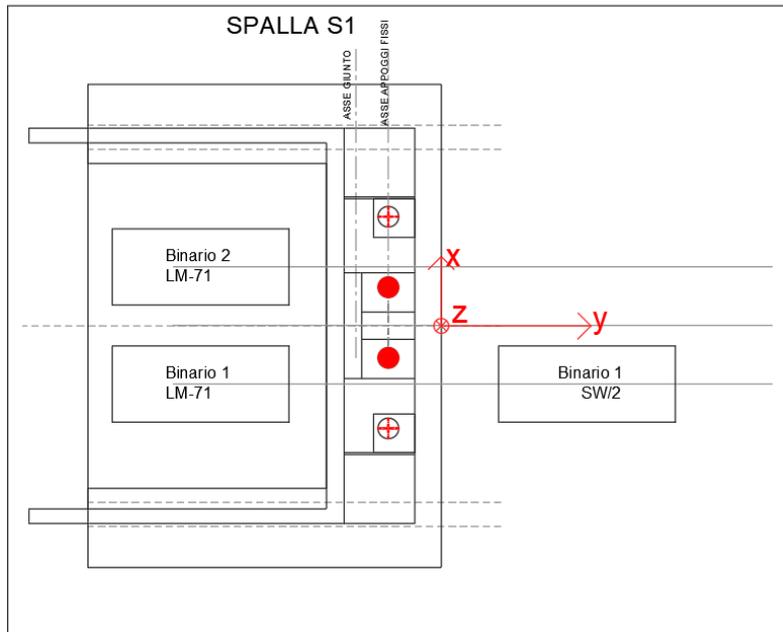


Figura 13 – Schemi di contemporaneità dei treni sui binari

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	42

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 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									
		VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 11 04			PROGR 001

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.

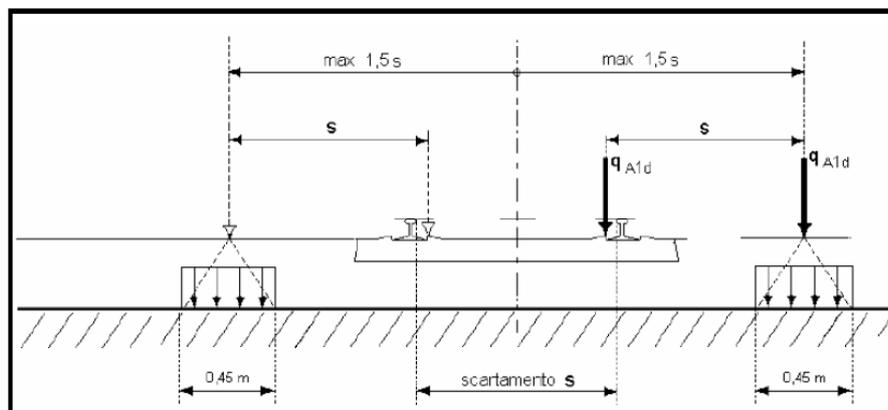
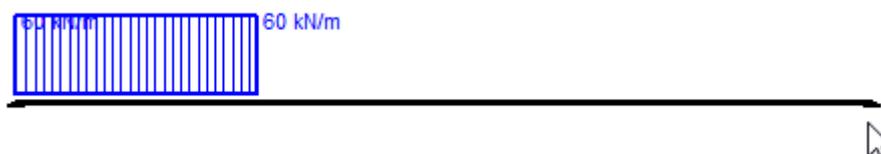


Figura 5.2.12 - Caso 1

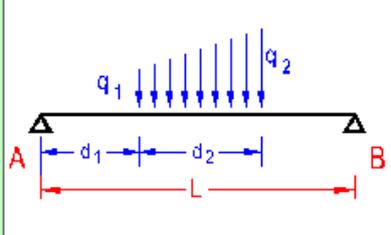
Figura 15 – Azione eccezionale da traffico ferroviario – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 1

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 seguito riportato.



MANDATARIA 	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 11 04			PROGR 001





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"/>

Φ _A	[rad]	<input type="text" value="0.0001408"/>	Φ _B	<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

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

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

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

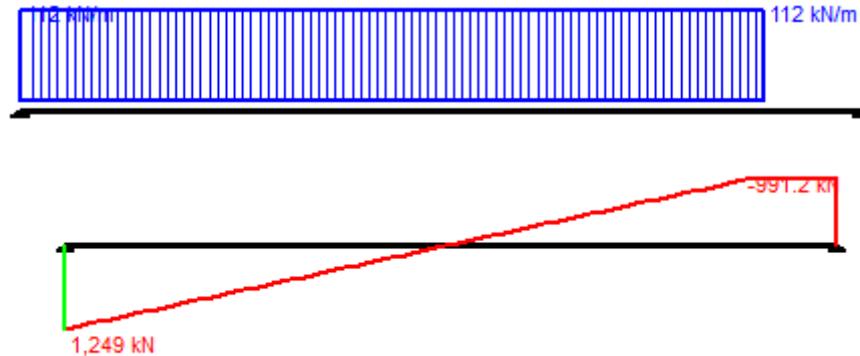
$$Q_1 = q'_v * L/2 = 29.2 * 22.60/2 = 329.60 \text{ kN}$$

Carico equivalente tagliante

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

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

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO	
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	46



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 – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 2

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

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

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

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

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								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	48

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 S1

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

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

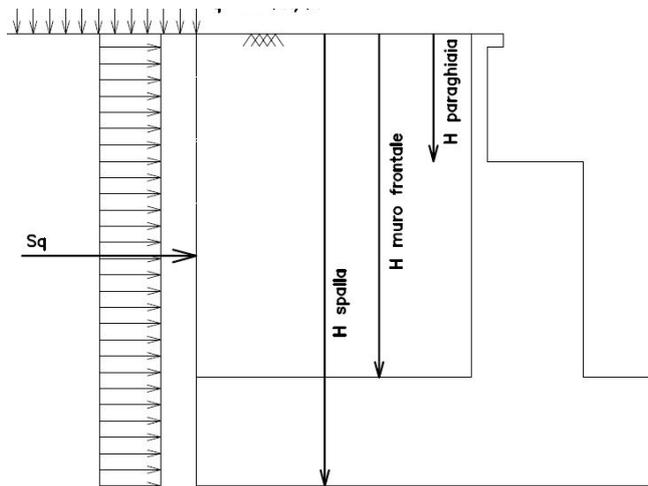


Figura 19: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	49

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.

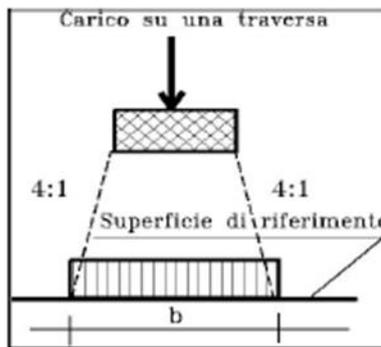


Fig. 5.2.4 - Distribuzione longitudinale dei carichi attraverso il ballast

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	50

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. Nel caso in esame il viadotto si sviluppa in rettilineo, pertanto la forza centrifuga è nulla.

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	51

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.	

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	53

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
				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
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	0,477	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	0,00		

The diagram consists of two vertically aligned graphs sharing a common horizontal axis representing the width b in meters, ranging from -4,00 to 4,00.

The top graph plots the transverse load Q_i in kN. It shows a central load of $-MZ/FY/2$ (upward arrow) and a right-side load of $MZ/FY/2$ (downward arrow).

The bottom graph plots the influence coefficient Q_{trave} in kN. It shows a linear distribution of values across the width, with a minimum of $-45,38$ at $b = -4,00$ and a maximum of $45,38$ at $b = 4,00$. Intermediate values are $-15,13$ at $b = -1,20$ and $15,13$ at $b = 1,20$.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	54

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.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	58

7.8 AZIONE DEL VENTO (Q₆)

Nome	Tipo	Y _Q	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂	
		(Fav / Sfav)				
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:

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

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

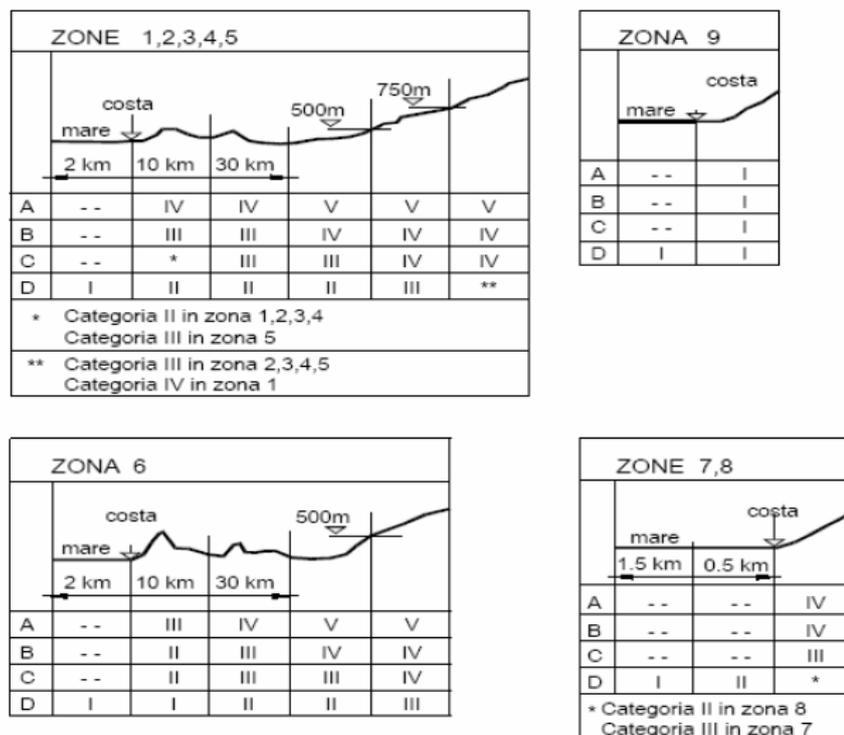


Fig. 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

MANDATARIA HUB ENGINEERING <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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	59

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	60

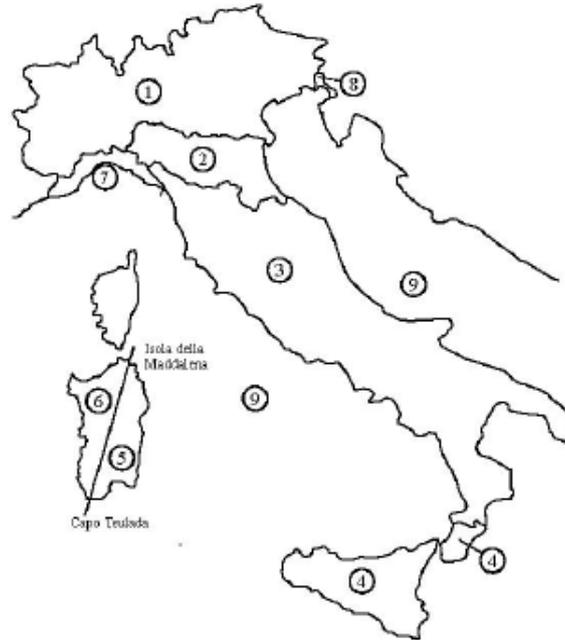


Fig. 3.3.1 - Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

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

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	61

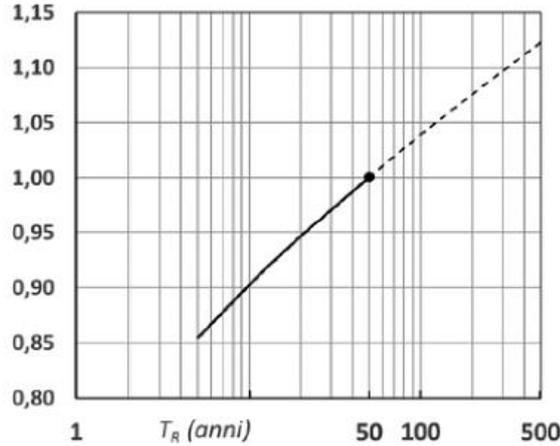


Figura C3.3.1 – Valori del coefficiente α_R in funzione del periodo di ritorno T_R (asse in scala logaritmica),

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				

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

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

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

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	62

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	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	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	0,446	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			

7.8.2 Azioni del vento muro d'ala

Per la valutazione delle azioni agenti sul muro d'ala, si considera la risultante dell'azione del vento su una barriera alta 5m. Inoltre, questa azione comprende le azioni aerodinamiche, per la cui 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, in cui è stata considerata una pressione totale di 1.99 kN/m².

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	63

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	64

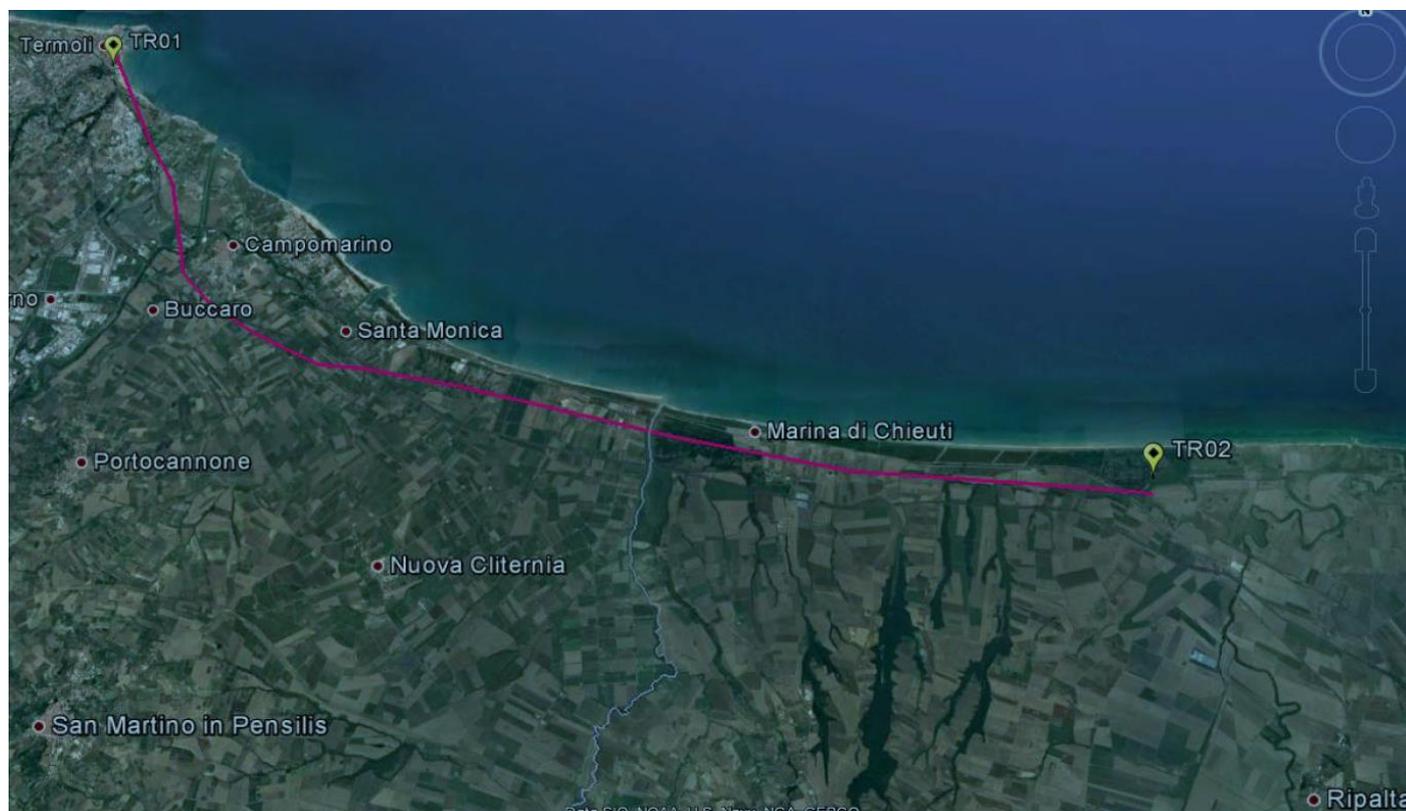


Figura 22- Configurazione planimetrica tracciato

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 simiche, 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										
		VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	65

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 e 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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	66

invece una parte della resistenza e rigidità 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

“B”

Rocce tenere e depositi di terreni a gran grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	67

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/s²]

$F_V = 1,35 \cdot F_0 \cdot (a_g/g)^{0.5}$ 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 sovrarresistenza, 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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	68

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:

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

 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	69

$\alpha = L/H$

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 $q_0 = 1.50$.

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	70

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limSLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,242 g
F_{a_0}	2,452
T_C	0,346 s
S_S	1,163
C_C	1,360
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,163
η	1,000
T_B	0,157 s
T_C	0,470 s
T_D	2,567 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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	0,281
T_B	0,157	0,689
T_C	0,470	0,689
	0,570	0,568
	0,670	0,484
	0,770	0,421
	0,869	0,373
	0,969	0,334
	1,069	0,303
	1,169	0,277
	1,269	0,255
	1,369	0,237
	1,468	0,221
	1,568	0,207
	1,668	0,194
	1,768	0,183
	1,868	0,173
	1,968	0,165
	2,067	0,157
	2,167	0,149
	2,267	0,143
	2,367	0,137
	2,467	0,131
T_D	2,567	0,126
	2,635	0,120
	2,703	0,114
	2,771	0,108
	2,840	0,103
	2,908	0,098
	2,976	0,094
	3,044	0,090
	3,113	0,086
	3,181	0,082
	3,249	0,079
	3,317	0,076
	3,386	0,073
	3,454	0,070
	3,522	0,067
	3,590	0,064
	3,659	0,062
	3,727	0,060
	3,795	0,058
	3,863	0,056
	3,932	0,054
	4,000	0,052

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

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	71

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limiteSLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_w	0,160 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	1,627
S	1,000
η	1,000

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,160
$T_B \leftarrow$	0,050	0,393
$T_C \leftarrow$	0,150	0,393
	0,235	0,251
	0,320	0,184
	0,405	0,146
	0,490	0,120
	0,575	0,103
	0,660	0,089
	0,745	0,079
	0,830	0,071
	0,915	0,064
$T_D \leftarrow$	1,000	0,059
	1,094	0,049
	1,188	0,042
	1,281	0,036
	1,375	0,031
	1,469	0,027
	1,563	0,024
	1,656	0,021
	1,750	0,019
	1,844	0,017
	1,938	0,016
	2,031	0,014
	2,125	0,013
	2,219	0,012
	2,313	0,011
	2,406	0,010
	2,500	0,009
	2,594	0,009
	2,688	0,008
	2,781	0,008
	2,875	0,007
	2,969	0,007
	3,063	0,006
	3,156	0,006
	3,250	0,006
	3,344	0,005
	3,438	0,005
	3,531	0,005
	3,625	0,004
	3,719	0,004
	3,813	0,004
	3,906	0,004
	4,000	0,004

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

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	72

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

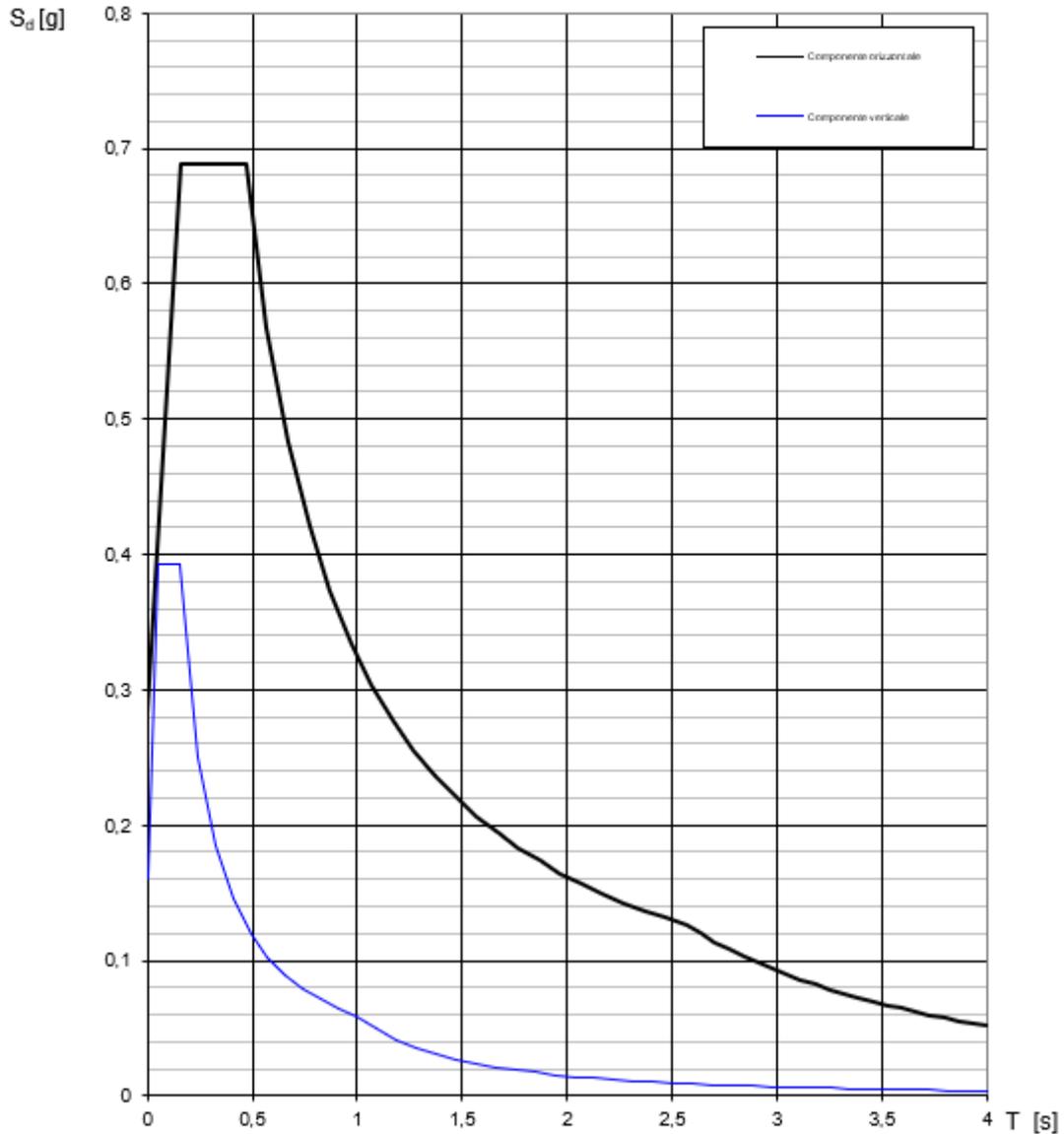


Figura 23 – Spettri di risposta elastici (componente orizzontale e verticale)

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.

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	73

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

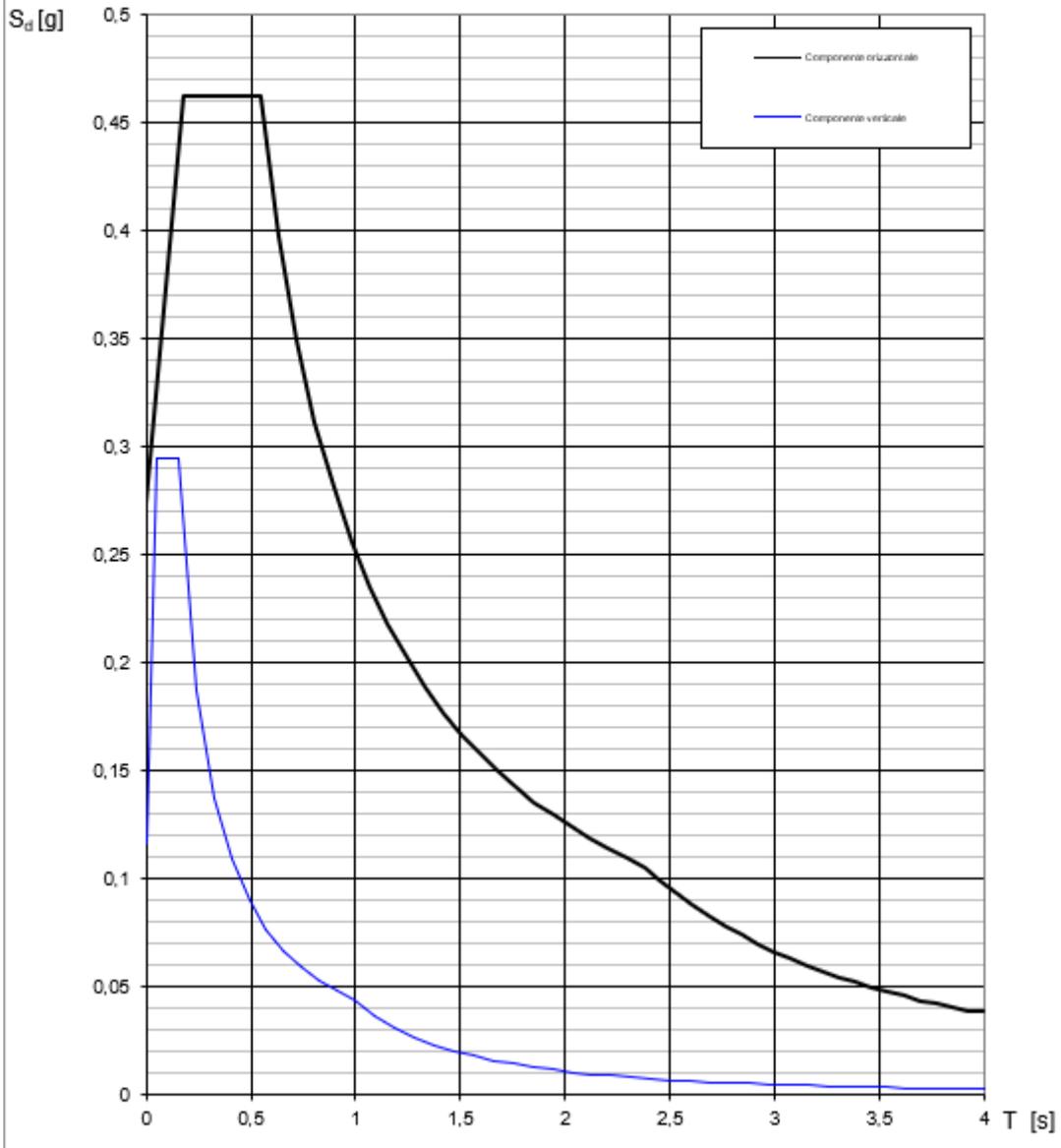


Figura 24 - Spettri di risposta di progetto (componente orizzontale e verticale)

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	74

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 (permanenti, terreno)
Q_{kj}	masse dei carichi accidentali

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	75

$\Psi_{2j} = 0.2$ 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:

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

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

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

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

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:

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

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	76

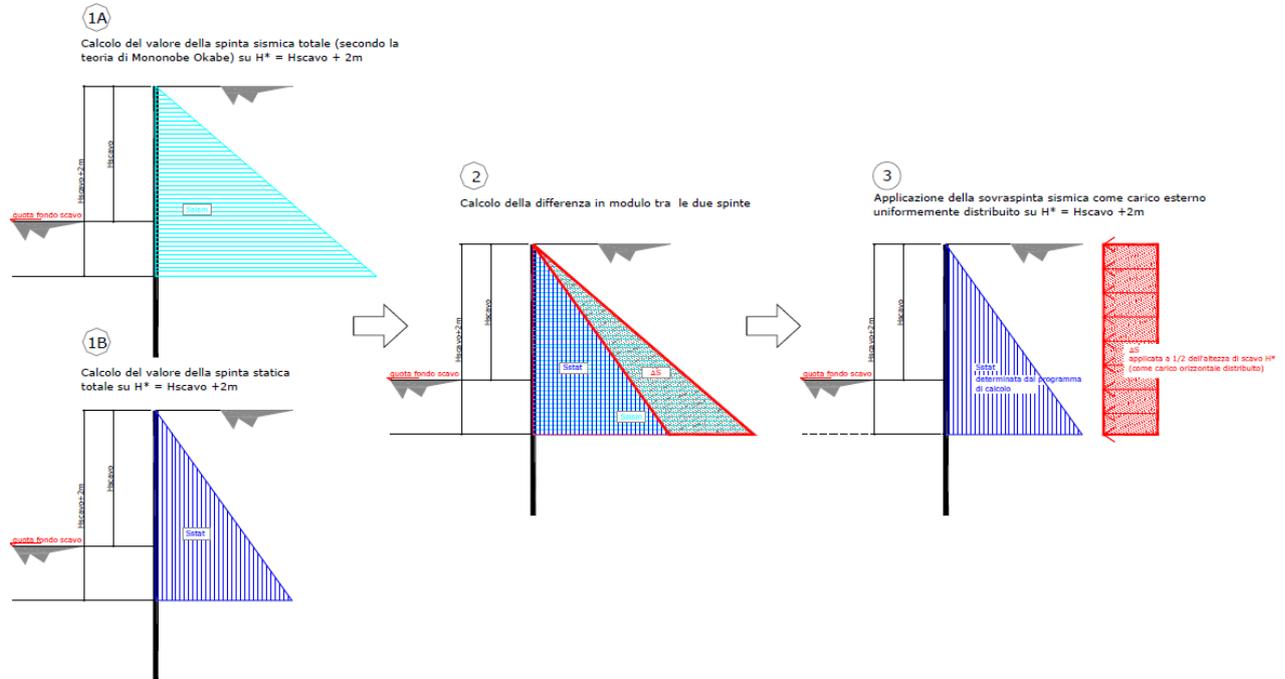


Figura 25 - Schema di calcolo sovraspinte dinamiche terreno

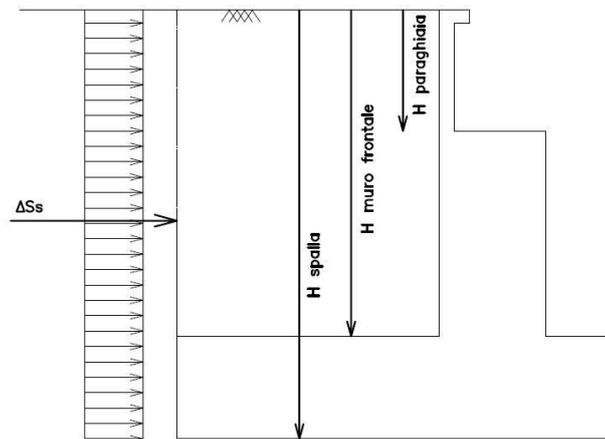


Figura 26: Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	77

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 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	78

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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	79

SPALLA S1

SPALLA S2

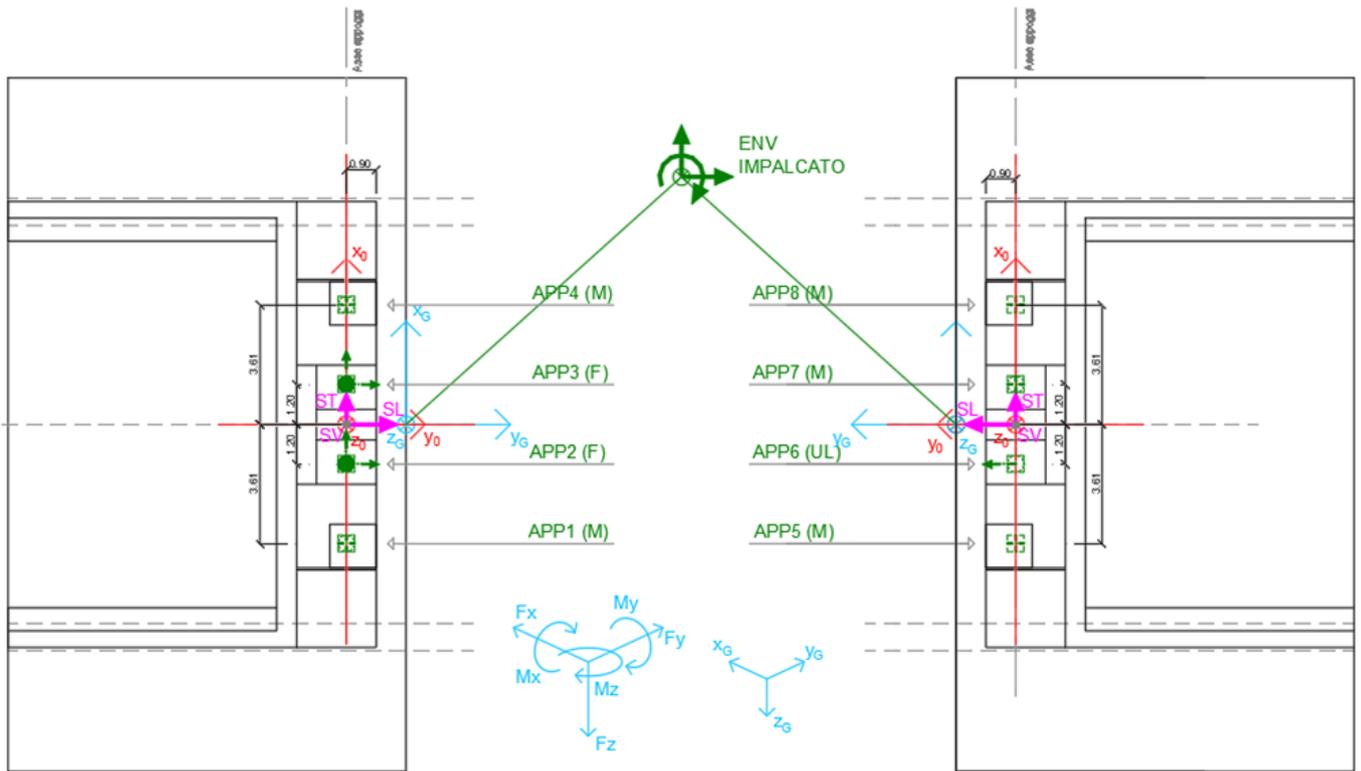


Figura 27- - Schema dei vincoli a terra impalcato

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	80

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	81

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**

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	82

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)

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	83

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 NTC 2008 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 NTC 2008, 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

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

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

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

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

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

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	84

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

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

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

$$\theta$$

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

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)

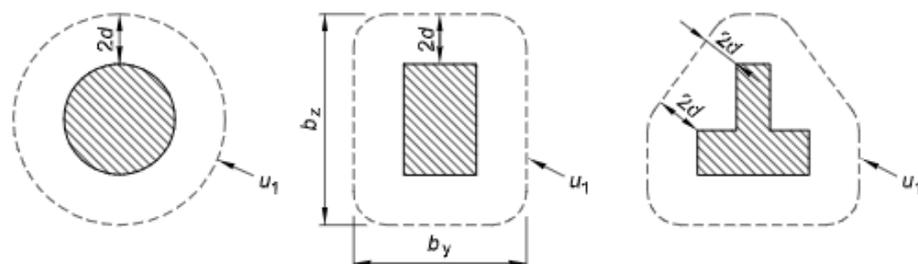
V_{Ed} azione sollecitante di progetto

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



VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	85

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

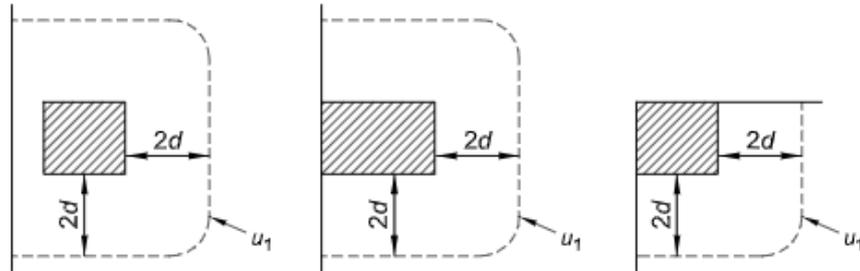


Figura 29 - Schemi aree di carico per diverse geometrie

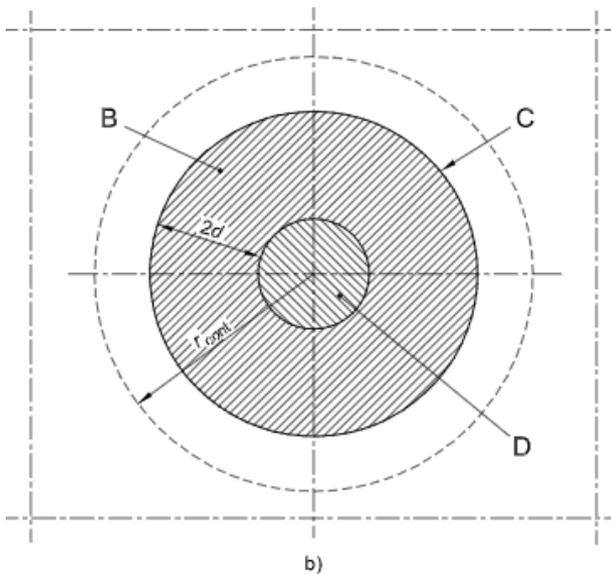
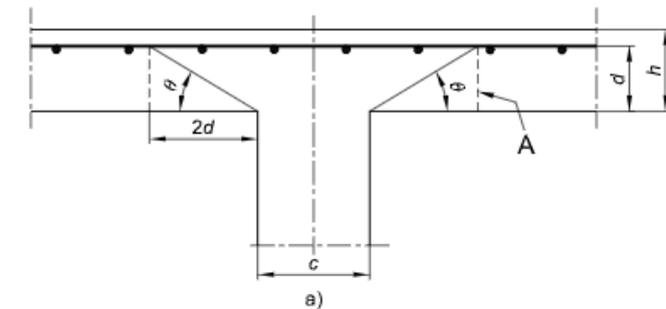


figura 6.12 Modello di verifica a punzonamento allo stato limite ultimo

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 30 – 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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	86

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

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

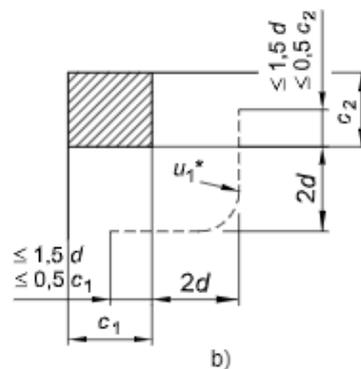
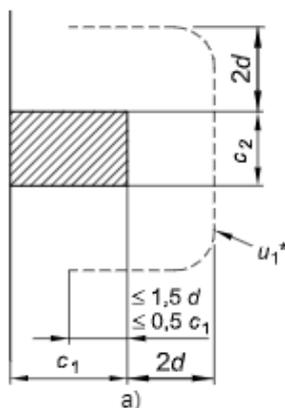


figura 6.20 Perimetro di verifica equivalente u_1 .
 Legenda
 a) Pilastro di bordo
 b) Pilastro d'angolo

Figura 31 – 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 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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	87

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	88

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								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	89

10. MODELLO DI CALCOLO

Il modello della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo preparato specificatamente per ricavare le sollecitazioni globali partendo dagli scarichi appoggi dell'impalcato.

A tali sollecitazioni sono aggiunti 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.

Vengono schematizzate ed analizzate le singole parti della struttura, a partire dal muro frontale e muri laterali che vengono modellati come delle mensole incastrate alla base.

Il solettone di fondazione viene considerato come una piastra rigida su pali.

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.

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.

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	90

11. ANALISI SPALLA FISSA S1

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 S1

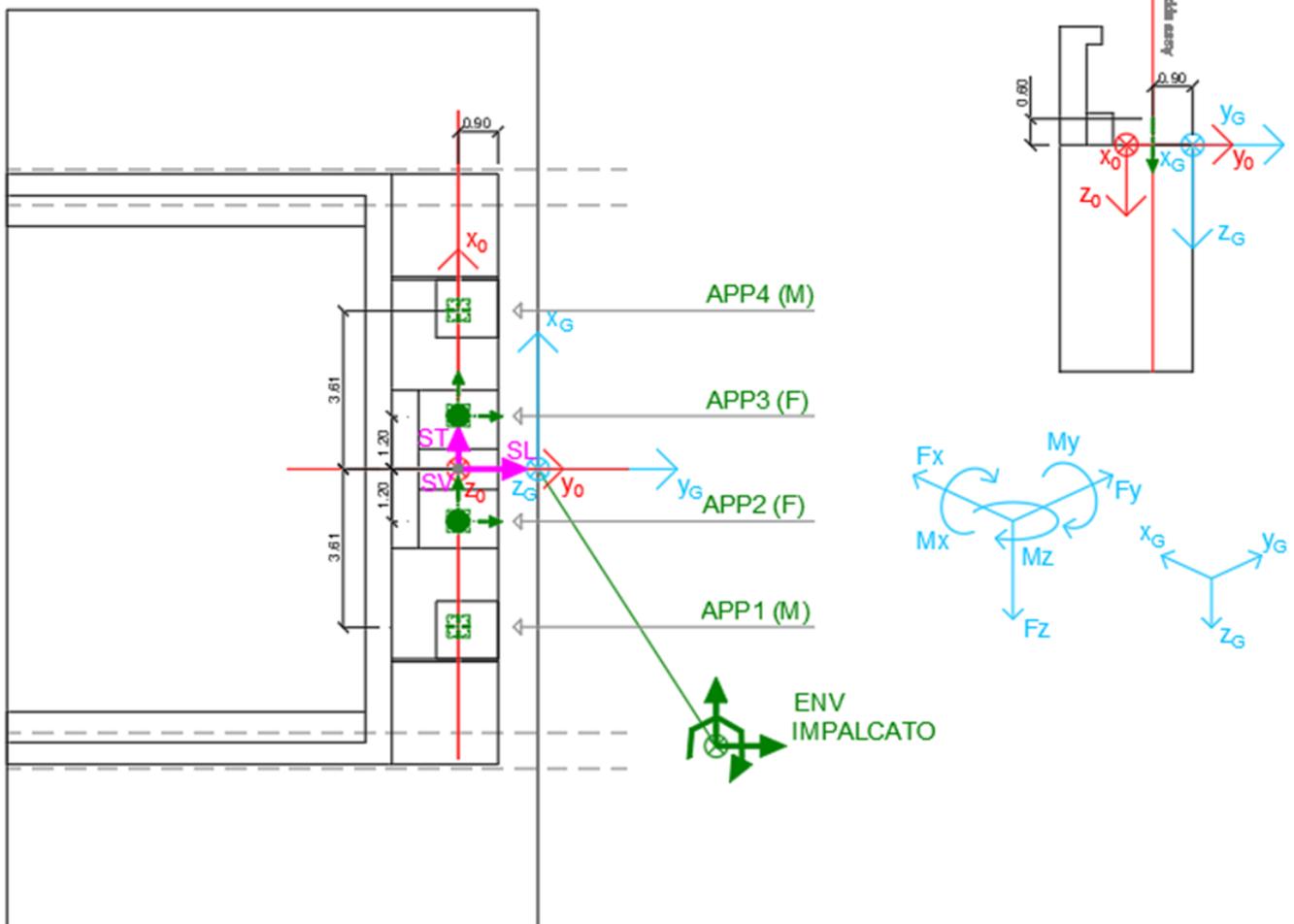


Figura 32 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	91

NOME: SPALLA 1		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	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	0	-3,62	0,00	-0,60	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
Q3,a B2-LM71 (aw)	0	0	-66	-3,62	0,00	-0,60	0	-237	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
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	0	0	-3,62	0,00	-0,60	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	-40	36	-144	0
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	0	-3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	0	-3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	0	-3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	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	-29	-3,62	0,00	-0,60	0	-106	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	-15	14	-56	0
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	788	-3,62	0,00	-0,60	0	2850	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
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	24	0	-3,62	0,00	-0,60	14	0	-85	0	24	0	14	0	-85
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	475	-428	573	0
G2,1 (ballast)	0	0	500	-1,21	0,00	-0,60	0	603	0	0	0	500	-450	603	0
G2,2 (velette)	0	0	-138	-1,21	0,00	-0,60	0	-166	0	0	0	-138	124	-166	0
G2,3 (arredi)	0	0	-225	-1,21	0,00	-0,60	0	-271	0	0	0	-225	203	-271	0
G2,4 (barriere)	0	0	-325	-1,21	0,00	-0,60	0	-392	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
Q3,a B1-LM71 (aw)	0	-303	-22	-1,21	0,00	-0,60	-182	-26	365	0	-303	-22	-162	-26	365
Q3,a B2-LM71 (aw)	0	1210	-44	-1,21	0,00	-0,60	726	-53	-1458	0	1210	-44	765	-53	-1458
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	-292	-21	-1,21	0,00	-0,60	-175	-25	351	0	-292	-21	-156	-25	351
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	-183	-13	-1,21	0,00	-0,60	-110	-16	221	0	-183	-13	-98	-16	221
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	733	-27	-1,21	0,00	-0,60	440	-32	-884	0	733	-27	464	-32	-884
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	0	-1,21	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	0	-1,21	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	0	-1,21	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q5 B1-SW2 (serp)	50	0	-14	-1,21	0,00	-0,60	0	-47	0	50	0	-14	12	-47	45
Q5 B1-LM71 (serp)	55	0	-15	-1,21	0,00	-0,60	0	-51	0	55	0	-15	14	-51	50
Q5 B2-LM71 (serp)	55	0	-15	-1,21	0,00	-0,60	0	-51	0	55	0	-15	14	-51	50
Q6 (vento)	117	0	25	-1,21	0,00	-0,60	0	-40	0	117	0	25	-22	-40	105
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	253	-1,21	0,00	-0,60	0	304	0	0	0	253	-227	304	0
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	520	-1,21	0,00	-0,60	0	627	0	0	0	520	-468	627	0
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	283	-1,21	0,00	-0,60	0	340	0	0	0	283	-254	340	0
Q8 Fa,G (attrito)	0	9	0	-1,21	0,00	-0,60	5	0	-10	0	9	0	5	0	-10
Q8 Fa,Q (attrito)	0	16	0	-1,21	0,00	-0,60	9	0	-19	0	16	0	9	0	-19
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	475	-428	-573	0
G2,1 (ballast)	0	0	500	1,21	0,00	-0,60	0	-603	0	0	0	500	-450	-603	0
G2,2 (velette)	0	0	-138	1,21	0,00	-0,60	0	166	0	0	0	-138	124	166	0
G2,3 (arredi)	0	0	-225	1,21	0,00	-0,60	0	271	0	0	0	-225	203	271	0
G2,4 (barriere)	0	0	-325	1,21	0,00	-0,60	0	392	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
Q3,a B1-LM71 (aw)	0	1210	-44	1,21	0,00	-0,60	726	53	1458	0	1210	-44	765	53	1458
Q3,a B2-LM71 (aw)	0	-303	-22	1,21	0,00	-0,60	-182	26	-365	0	-303	-22	-162	26	-365
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	1167	-42	1,21	0,00	-0,60	700	51	1406	0	1167	-42	738	51	1406
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	733	-27	1,21	0,00	-0,60	440	32	884	0	733	-27	464	32	884
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	-183	-13	1,21	0,00	-0,60	-110	16	-221	0	-183	-13	-98	16	-221
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	0	1,21	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	0	1,21	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	0	1,21	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q5 B1-SW2 (serp)	50	0	14	1,21	0,00	-0,60	0	-47	0	50	0	14	-12	-47	45
Q5 B1-LM71 (serp)	55	0	15	1,21	0,00	-0,60	0	-51	0	55	0	15	-14	-51	50
Q5 B2-LM71 (serp)	55	0	15	1,21	0,00	-0,60	0	-51	0	55	0	15	-14	-51	50
Q6 (vento)	117	0	78	1,21	0,00	-0,60	0	-165	0	117	0	78	-71	-165	105
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	520	1,21	0,00	-0,60	0	-627	0	0	0	520	-468	-627	0
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	253	1,21	0,00	-0,60	0	-304	0	0	0	253	-227	-304	0
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	565	1,21	0,00	-0,60	0	-681	0	0	0	565	-509	-681	0
Q8 Fa,G (attrito)	0	9	0	1,21	0,00	-0,60	5	0	10	0	9	0	5	0	10
Q8 Fa,Q (attrito)	0	17	0	1,21	0,00	-0,60	10	0	20	0	17	0	10	0	20

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	92

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	0	3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	0	3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	0	3,62	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	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 _{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	3101	-2791	0	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	0	0	1650	-1485	0	0
Gk2v	G2,2 (arredi vari)	0	0	1075	-968	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	0	0	0	0	0	0
	Traffico 2	0	0	0	0	0	0
	Traffico 3	0	0	0	0	0	0
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**

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	93

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

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	94

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	515	-2099	1351	-10757	876
N _{vert} Min	SLU15	5517	-351	1184	175	-4860	-316
V _{trasv} Max	SLU7	10342	530	-1883	1411	-8461	1009
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	356	-5855	1587	-8568	2807
V _{long} Max	SLU12	8113	283	-5213	2819	-5610	5217
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	515	-2099	1351	-10757	876
M _{torc} Max	SLU12	8113	283	-5213	2819	-5610	5217
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	350	-1407	1356	-7314	765
N _{vert} Min	RA14	5620	-234	789	-175	-5163	-211
V _{trasv} Max	RA1	8873	360	-1251	1422	-7132	907
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	240	-3874	1144	-6017	2944
V _{long} Max	RA6	7399	220	-3697	1916	-5510	3617
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	350	-1407	844	-7622	749
M _{torc} Max	RA6	7399	220	-3697	1916	-5510	3617
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**

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	95

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 involucro

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	96

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 inviluppi 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.

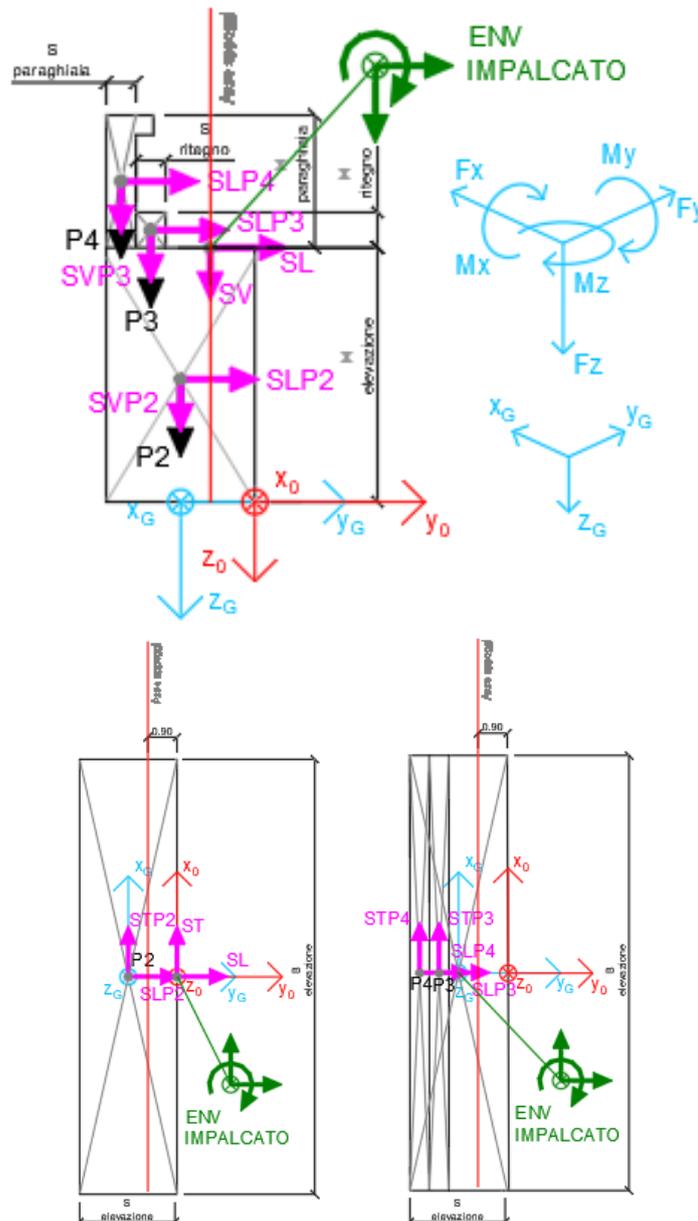


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	97

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 1				CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO													
PGA orizzontale a _g (g)		0,242		Coeff. sismico orizz. k _h				0,2814				Coeff. spinta attiva sismica k _{aE}				0,3878	
Coeff. stratigrafico S _s		1,163		Coeff. sismico vert. k _v				0,1407									
NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				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	SLP2	0	997	0	0,00	-1,50	-1,75	1745	0	0							
	SLP3	0	52	0	0,00	-2,10	-3,96	208	0	0							
	SLP4	0	177	0	0,00	-2,70	-5,05	892	0	0							
			0	1226	0				2845	0	0	0	1226	0	2845	0	0
Sisma trasv	STP2	997	0	0	0,00	-1,50	-1,75	0	-1745	1496							
	STP3	52	0	0	0,00	-2,10	-3,96	0	-208	110							
	STP4	177	0	0	0,00	-2,70	-5,05	0	-892	477							
			1226	0	0				0	-2845	2083	1226	0	0	0	-2845	243
Sisma vert	SVP2	0	0	499	0,00	-1,50	-1,75	-748	0	0							
	SVP3	0	0	26	0,00	-2,10	-3,96	-55	0	0							
	SVP4	0	0	88	0,00	-2,70	-5,05	-239	0	0							
			0	0	613				-1042	0	0	0	0	613	-122	0	0
Sisma ballast long	SGBH	0	177	0	0,00	-3,00	-3,30	584	0	0							
		0	177	0				584	0	0	0	177	0	584	0	0	
Sisma terreno long	STHL	0	1202	0	0,00	-3,00	-3,30	3968	0	0							
		0	1202	0				3968	0	0	0	1202	0	3968	0	0	
Sisma impalcato long	SL	0	2552	0	0,00	0,00	-3,50	8931	0	0							
		0	2552	0				8931	0	0	0	2552	0	8931	0	0	
Sisma impalcato trasv	ST	2552	0	0	0,00	0,00	-3,50	0	-8931	0							
		2552	0	0				0	-8931	0	2552	0	0	0	-8931	-3828	
Sisma impalcato vert	SV	0	0	1276	0,00	0,00	-3,50	0	0	0							
		0	0	1276				0	0	0	0	0	1276	1914	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**

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	98

NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				PARAMETRI DI CALCOLO ELEVAZIONE												
H paraghiaia (m)	3,10	H elevazione (m)	3,50	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 1				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	P2	0	0	3544	0,00	-1,50	-1,75	-5316	0	0						
	P3	0	0	186	0,00	-2,10	-3,96	-391	0	0						
	P4	0	0	628	0,00	-2,70	-5,05	-1695	0	0						
		0	0	4358				-7402	0	0	0	0	4358	-865	0	0
Ballast	GBH	0	333	0	0,00	-3,00	-3,30	1098	0	0						
		0	333	0				1098	0	0	0	333	0	1098	0	0
Spinta terreno	THL	0	2260	0	0,00	-3,00	-2,20	4972	0	0						
		0	2260	0				4972	0	0	0	2260	0	4972	0	0
Sovraccarico long	Q1	0	793	0	0,00	-3,00	-3,30	2616	0	0						
		0	793	0				2616	0	0	0	793	0	2616	0	0
NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				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	Nvert Max	515	1351	12853	0,00	0,00	-3,50	-10757	-2099	876	515	1351	12853	13252	-3902	103
SLU	Nvert Min	-351	175	5517	0,00	0,00	-3,50	-4860	1184	-316	-351	175	5517	4027	2413	211
	Vtrasv Max	530	1411	10342	0,00	0,00	-3,50	-8461	-1883	1009	530	1411	10342	11990	-3737	214
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	0,00	0,00	-3,50	-5070	1184	-316	-351	-175	5517	2593	2413	211
	Mlong Max	-351	175	5517	0,00	0,00	-3,50	-4860	1184	-316	-351	175	5517	4027	2413	211
	Mlong Min	515	1351	12853	0,00	0,00	-3,50	-10757	-2099	876	515	1351	12853	13252	-3902	103
	Vlong Max	283	2819	8113	0,00	0,00	-3,50	-5610	-5213	5217	283	2819	8113	16427	-6205	4792
	Vlong Min	0	-234	5826	0,00	0,00	-3,50	-5384	0	-6	0	-234	5826	2536	0	-6
	Mtrasv Max	-351	175	5517	0,00	0,00	-3,50	-4860	1184	-316	-351	175	5517	4027	2413	211
	Mtrasv Min	356	1587	10578	0,00	0,00	-3,50	-8568	-5855	2807	356	1587	10578	12853	-7100	2273
	Mtorc Max	283	2819	8113	0,00	0,00	-3,50	-5610	-5213	5217	283	2819	8113	16427	-6205	4792
	Mtorc Min	-351	-175	5517	0,00	0,00	-3,50	-5070	1184	-316	-351	-175	5517	2593	2413	211
ENV	Nvert Max	350	1356	9031	0,00	0,00	-3,50	-7314	-1407	765	350	1356	9031	10980	-2634	240
SLR	Nvert Min	-234	-175	5620	0,00	0,00	-3,50	-5163	789	-211	-234	-175	5620	2655	1608	140
	Vtrasv Max	360	1422	8873	0,00	0,00	-3,50	-7132	-1251	907	360	1422	8873	11156	-2513	366
	Vtrasv Min	-234	-175	5620	0,00	0,00	-3,50	-5163	789	-211	-234	-175	5620	2655	1608	140
	Mtrasv Max	-234	-175	5620	0,00	0,00	-3,50	-5163	789	-211	-234	-175	5620	2655	1608	140
	Mtrasv Min	240	1144	7448	0,00	0,00	-3,50	-6017	-3874	2944	240	1144	7448	9161	-4715	2583
	Vlong Max	220	1916	7399	0,00	0,00	-3,50	-5510	-3697	3617	220	1916	7399	12293	-4468	3286
	Vlong Min	-234	-175	5620	0,00	0,00	-3,50	-5163	789	-211	-234	-175	5620	2655	1608	140
	Mlong Max	0	256	5826	0,00	0,00	-3,50	-5090	0	8	0	256	5826	4547	0	8
	Mlong Min	350	844	9031	0,00	0,00	-3,50	-7622	-1407	749	350	844	9031	8878	-2634	224
	Mtorc Max	220	1916	7399	0,00	0,00	-3,50	-5510	-3697	3617	220	1916	7399	12293	-4468	3286
	Mtorc Min	-234	-175	5620	0,00	0,00	-3,50	-5163	789	-211	-234	-175	5620	2655	1608	140
ENV	Nvert Max	0	175	5826	0,00	0,00	-3,50	-5139	0	0	0	175	5826	4212	0	0
SLE	Nvert Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-3,50	-5348	0	0	0	-175	5826	2779	0	0
QP	Vtrasv Max	0	175	5826	0,00	0,00	-3,50	-5139	0	0	0	175	5826	4212	0	0
	Vtrasv Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-3,50	-5348	0	0	0	-175	5826	2779	0	0
	Mtrasv Max	0	175	5826	0,00	0,00	-3,50	-5139	0	0	0	175	5826	4212	0	0
	Mtrasv Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-3,50	-5348	0	0	0	-175	5826	2779	0	0
	Vlong Max	0	175	5826	0,00	0,00	-3,50	-5139	0	0	0	175	5826	4212	0	0
	Vlong Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-3,50	-5348	0	0	0	-175	5826	2779	0	0
	Mlong Max	0	175	5826	0,00	0,00	-3,50	-5139	0	0	0	175	5826	4212	0	0
	Mlong Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-3,50	-5348	0	0	0	-175	5826	2779	0	0
	Mtorc Max	0	175	5826	0,00	0,00	-3,50	-5139	0	0	0	175	5826	4212	0	0
	Mtorc Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-3,50	-5348	0	0	0	-175	5826	2779	0	0

Tabella 34 – Riepilogo azioni elementari statiche

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	99

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	4358	-865	0	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	0	333	0	1098	0	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	0	2260	0	4972	0	0
SLU Impalcato	Nvert Max	515	1351	12853	13252	-3902	103
	Nvert Min	-351	175	5517	4027	2413	211
	Vtrasv Max	530	1411	10342	11990	-3737	214
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	2593	2413	211
	Mtrasv Max	-351	175	5517	4027	2413	211
	Mtrasv Min	515	1351	12853	13252	-3902	103
	Vlong Max	283	2819	8113	16427	-6205	4792
	Vlong Min	0	-234	5826	2536	0	-6
	Mlong Max	-351	175	5517	4027	2413	211
	Mlong Min	356	1587	10578	12853	-7100	2273
	Mtorc Max	283	2819	8113	16427	-6205	4792
	Mtorc Min	-351	-175	5517	2593	2413	211
SLE RA Impalcato	Nvert Max	350	1356	9031	10980	-2634	240
	Nvert Min	-234	-175	5620	2655	1608	140
	Vtrasv Max	360	1422	8873	11156	-2513	366
	Vtrasv Min	-234	-175	5620	2655	1608	140
	Mtrasv Max	-234	-175	5620	2655	1608	140
	Mtrasv Min	240	1144	7448	9161	-4715	2583
	Vlong Max	220	1916	7399	12293	-4468	3286
	Vlong Min	-234	-175	5620	2655	1608	140
	Mlong Max	0	256	5826	4547	0	8
	Mlong Min	350	844	9031	8878	-2634	224
	Mtorc Max	220	1916	7399	12293	-4468	3286
	Mtorc Min	-234	-175	5620	2655	1608	140
SLE QP Impalcato	Nvert Max	0	175	5826	4212	0	0
	Nvert Min	0	-175	5826	2779	0	0
	Vtrasv Max	0	175	5826	4212	0	0
	Vtrasv Min	0	-175	5826	2779	0	0
	Mtrasv Max	0	175	5826	4212	0	0
	Mtrasv Min	0	-175	5826	2779	0	0
	Vlong Max	0	175	5826	4212	0	0
	Vlong Min	0	-175	5826	2779	0	0
	Mlong Max	0	175	5826	4212	0	0
	Mlong Min	0	-175	5826	2779	0	0
	Mtorc Max	0	175	5826	4212	0	0
	Mtorc Min	0	-175	5826	2779	0	0

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HY pro <small>S.T.F.</small>		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	100

Qk1	Q (acc. Traffico)	0	793	0	2616	0	0
E	Sisma long	0	5158	0	16329	0	0
Sisma	Sisma trasv	3778	0	0	0	-11777	-3584
	Sisma vert	0	0	1889	1792	0	0

Tabella 35 – Risultanti azioni elementari al centro dell'elevazione G (quota estradosso fondazione)

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	102

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	18736	515	-3902	6390	24983	103
N _{vert} Min	SLU24	9874	-351	2413	3568	11592	211
V _{trasv} Max	SLU3	16225	530	-3737	6450	23721	214
V _{trasv} Min	SLU24	9874	-351	2413	3568	11592	211
M _{trasv} Max	SLU2	11400	-351	2413	5214	15758	211
M _{trasv} Min	SLU22	14935	356	-7100	5329	21851	2273
V _{long} Max	SLU7	13996	283	-6205	7858	28158	4792
V _{long} Min	SLU20	10184	0	0	3508	11535	-6
M _{long} Max	SLU7	13996	283	-6205	7858	28158	4792
M _{long} Min	SLU20	10184	0	0	3508	11535	-6
M _{torc} Max	SLU7	13996	283	-6205	7858	28158	4792
M _{torc} Min	SLU20	10184	0	0	3508	11535	-6
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	12073	3778	-11777	4315	16109	-3584
N _{vert} Min	SLV6	8295	3778	-11777	4315	12524	-3584
V _{trasv} Max	SLV5	12073	3778	-11777	4315	16109	-3584
V _{trasv} Min	SLV2	9617	1133	-3533	7926	25209	-1075
M _{trasv} Max	SLV1	10751	1133	-3533	7926	26284	-1075
M _{trasv} Min	SLV6	8295	3778	-11777	4315	12524	-3584
V _{long} Max	SLV1	10751	1133	-3533	7926	26284	-1075
V _{long} Min	SLV6	8295	3778	-11777	4315	12524	-3584
M _{long} Max	SLV1	10751	1133	-3533	7926	26284	-1075
M _{long} Min	SLV6	8295	3778	-11777	4315	12524	-3584
M _{torc} Max	SLV1	10751	1133	-3533	7926	26284	-1075
M _{torc} Min	SLV6	8295	3778	-11777	4315	12524	-3584

Tabella 37 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	103

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	13389	350	-2634	4742	18802	240
N _{vert} Min	RA12	9978	-234	1608	3211	10477	140
V _{trasv} Max	RA3	13231	360	-2513	4808	18977	366
V _{trasv} Min	RA12	9978	-234	1608	3211	10477	140
M _{trasv} Max	RA12	9978	-234	1608	3211	10477	140
M _{trasv} Min	RA6	11806	240	-4715	4530	16982	2583
V _{long} Max	RA7	11757	220	-4468	5301	20115	3286
V _{long} Min	RA12	9978	-234	1608	3211	10477	140
M _{long} Max	RA7	11757	220	-4468	5301	20115	3286
M _{long} Min	RA12	9978	-234	1608	3211	10477	140
M _{torc} Max	RA7	11757	220	-4468	5301	20115	3286
M _{torc} Min	RA9	10184	0	0	3642	12368	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	10184	0	0	2768	9418	0
N _{vert} Min	QP12	10184	0	0	2418	7984	0
V _{trasv} Max	QP1	10184	0	0	2768	9418	0
V _{trasv} Min	QP12	10184	0	0	2418	7984	0
M _{trasv} Max	QP1	10184	0	0	2768	9418	0
M _{trasv} Min	QP12	10184	0	0	2418	7984	0
V _{long} Max	QP1	10184	0	0	2768	9418	0
V _{long} Min	QP12	10184	0	0	2418	7984	0
M _{long} Max	QP1	10184	0	0	2768	9418	0
M _{long} Min	QP12	10184	0	0	2418	7984	0
M _{torc} Max	QP1	10184	0	0	2768	9418	0
M _{torc} Min	QP12	10184	0	0	2418	7984	0

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

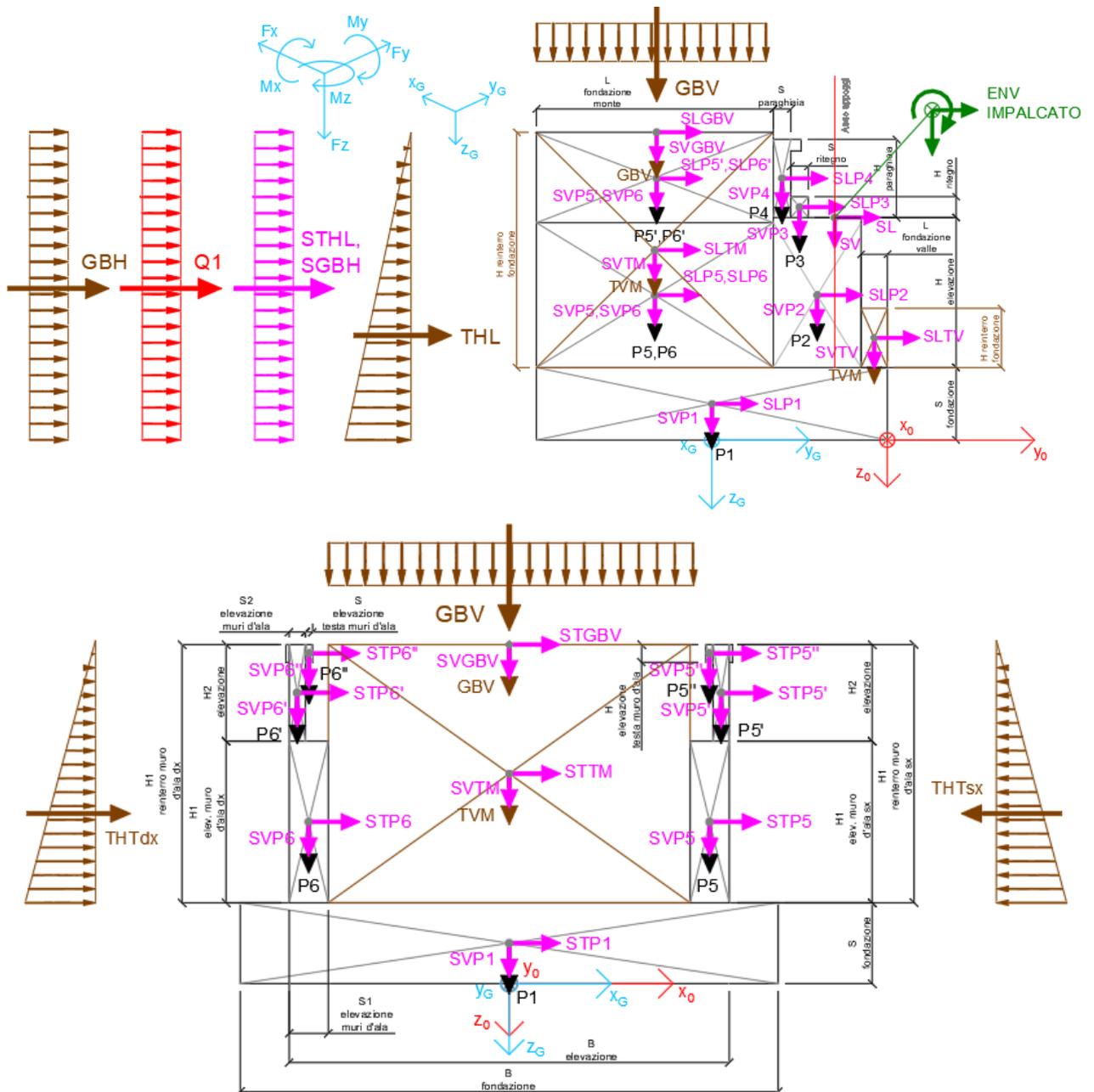
**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	104

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.



**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	105

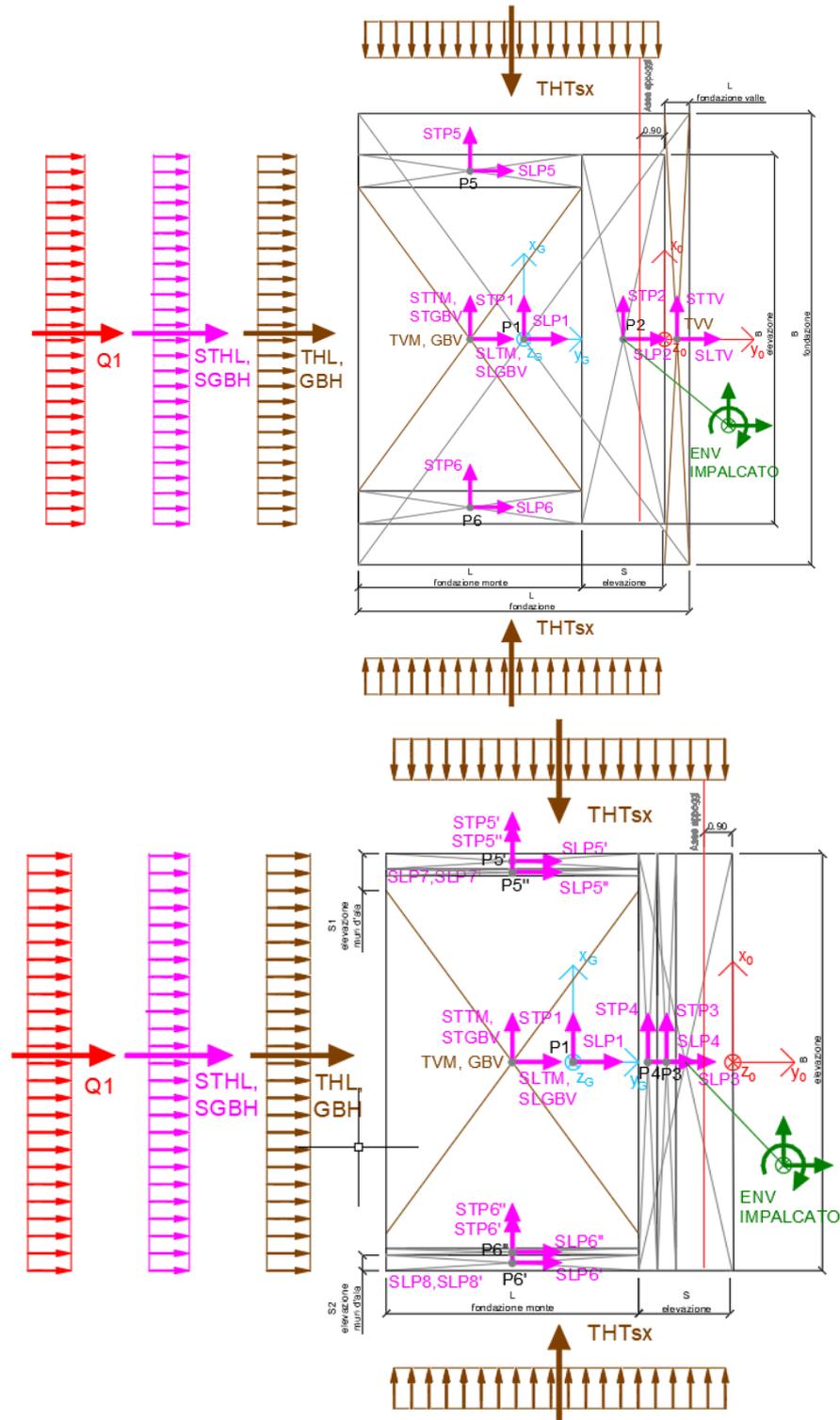


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

MANDATARIA 	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 11 04			PROGR 001

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 1		CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO															
PGA orizzontale a _y (g)		0,242		Coeff. sismico orizz. k _h				0,2814		Coeff. spinta attiva sismica k _{AE}				0,3878			
Coeff. stratigrafico SS		1,163		Coeff. sismico vert. k _v				0,1407									
NOME: FONDAZIONE SPALLA 1		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	3483	0	0,00	-6,00	-1,25	4354	0	0							
	SLP2	0	997	0	0,00	-2,40	-4,25	4239	0	0							
	SLP3	0	52	0	0,00	-3,00	-6,46	339	0	0							
	SLP4	0	177	0	0,00	-3,60	-7,55	1334	0	0							
	SLP5	0	239	0	6,15	-7,95	-4,25	1017	0	1472							
	SLP5*	0	95	0	6,50	-7,95	-7,66	725	0	615							
	SLP5*	0	7	0	6,36	-7,95	-9,05	62	0	44							
	SLP6	0	239	0	-6,15	-7,95	-4,25	1017	0	-1472							
	SLP6*	0	95	0	-6,50	-7,95	-7,66	725	0	-615							
	SLP6*	0	7	0	-6,36	-7,95	-9,05	62	0	-44							
	SLP7	0	0	0	6,50	-12,00	-9,32	0	0	0							
	SLP7	0	0	0	6,50	-12,00	-9,32	0	0	0							
	SLP8	0	0	0	-6,50	-12,00	-9,32	0	0	0							
	SLP8*	0	0	0	-6,50	-12,00	-9,32	0	0	0							
			0	5391	0				13874	0	0	0	5391	0	13874	0	0
	Sisma trasv	STP1	3483	0	0	0,00	-6,00	-1,25	0	-4354	20897						
STP2		997	0	0	0,00	-2,40	-4,25	0	-4239	2394							
STP3		52	0	0	0,00	-3,00	-6,46	0	-339	157							
STP4		177	0	0	0,00	-3,60	-7,55	0	-1334	636							
STP5		239	0	0	6,15	-7,95	-4,25	0	-1017	1903							
STP5*		95	0	0	6,50	-7,95	-7,66	0	-725	752							
STP5*		7	0	0	6,36	-7,95	-9,05	0	-62	55							
STP6		239	0	0	-6,15	-7,95	-4,25	0	-1017	1903							
STP6*		95	0	0	-6,50	-7,95	-7,66	0	-725	752							
STP6*		7	0	0	-6,36	-7,95	-9,05	0	-62	55							
STP7		0	0	0	6,50	-12,00	-9,32	0	0	0							
STP7		0	0	0	6,50	-12,00	-9,32	0	0	0							
STP8		0	0	0	-6,50	-12,00	-9,32	0	0	0							
STP8*		0	0	0	-6,50	-12,00	-9,32	0	0	0							
			5391	0	0				0	-13874	29504	5391	0	0	0	-13874	-2842
Sisma vert		SVP1	0	0	1741	0,00	-6,00	-1,25	-10449	0	0						
	SVP2	0	0	499	0,00	-2,40	-4,25	-1197	0	0							
	SVP3	0	0	26	0,00	-3,00	-6,46	-79	0	0							
	SVP4	0	0	88	0,00	-3,60	-7,55	-318	0	0							
	SVP5	0	0	120	6,15	-7,95	-4,25	-951	-736	0							
	SVP5*	0	0	47	6,50	-7,95	-7,66	-376	-307	0							
	SVP5*	0	0	3	6,36	-7,95	-9,05	-27	-22	0							
	SVP6	0	0	120	-6,15	-7,95	-4,25	-951	736	0							
	SVP6*	0	0	47	-6,50	-7,95	-7,66	-376	307	0							
	SVP6*	0	0	3	-6,36	-7,95	-9,05	-27	22	0							
	SVP7	0	0	0	6,50	-12,00	-9,32	0	0	0							
	SVP7	0	0	0	6,50	-12,00	-9,32	0	0	0							
	SVP8	0	0	0	-6,50	-12,00	-9,32	0	0	0							
	SVP8*	0	0	0	-6,50	-12,00	-9,32	0	0	0							
			0	0	2696				-14752	0	0	0	0	2696	1421	0	0
	Sisma ballast long	SLGBV	0	299	0	0,00	-7,95	-9,32	2788	0	0						
SGBH		0	244	0	0,00	-12,00	-4,55	1111	0	0							
		0	543	0				3898	0	0	0	543	0	3898	0	0	
Sisma ballast trasv	STGBV	299	0	0	0,00	-7,95	-9,32	0	-2788	2378							
		299	0	0				0	-2788	2378	299	0	0	0	-2788	583	
Sisma ballast vert	SVGBV	0	0	150	0,00	-7,95	-9,32	-1189	0	0							
		0	0	150				-1189	0	0	0	0	150	-292	0	0	
Sisma terreno long	SLVM	0	3340	0	0,00	-7,95	-5,80	19373	0	0							
	SLVV	0	84	0	0,00	-0,45	-3,00	251	0	0							
	STHL	0	2286	0	0,00	-12,00	-3,03	6934	0	0							
		0	5710	0				26558	0	0	0	5710	0	26558	0	0	
Sisma terreno trasv	STTM	3340	0	0	0,00	-7,95	-5,80	0	-19373	26555							
	STTV	84	0	0	0,00	-0,45	-3,00	0	-251	38							
		3424	0	0				0	-19624	26592	3424	0	0	0	-19624	6050	
Sisma terreno vert	SVTM	0	0	1670	0,00	-7,95	-5,80	-13277	0	0							
	SVTV	0	0	42	0,00	-0,45	-3,00	-19	0	0							
		0	0	1712				-13296	0	0	0	0	1712	-3025	0	0	
Sisma impalcato long	SL	0	2552	0	0,00	-0,90	-6,00	15311	0	0							
		0	2552	0				15311	0	0	0	2552	0	15311	0	0	
Sisma impalcato trasv	ST	2552	0	0	0,00	-0,90	-6,00	0	-15311	2297							
		2552	0	0				0	-15311	2297	2552	0	0	0	-15311	-13014	
Sisma impalcato vert	SV	0	0	1276	0,00	-0,90	-6,00	-1148	0	0							
		0	0	1276				-1148	0	0	0	0	1276	6507	0	0	

Tabella 39 – Riepilogo azioni elementari sismiche

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	107

NOME: FONDAZIONE SPALLA 1		PARAMETRI DI CALCOLO FONDAZIONE									
H paragonata (m)	3,10	S fondazione (m)	2,50	S2 elevazione muri d'ala (m)	0,50	H elev. testa muro d'ala (m)	0,55	Carico variabile (kPa)	23,15		
S paragonata (m)	0,60	L fondazione monte (m)	8,10	H1 elev. muro d'ala sx (m)	3,50	H1 orecchia (m)	0,00	Carico ballast (kPa)	9,72		
H ritengo (m)	0,92	L fondazione valle (m)	0,90	H1 elev. muro d'ala dx (m)	3,50	H2 orecchia (m)	0,00				
S ritengo (m)	0,60	L fondazione (m)	12,00	H reinterro muro d'ala sx (m)	6,82	S orecchia (m)	0,00				
H elevazione (m)	3,50	B fondazione (m)	16,50	H reinterro muro d'ala dx (m)	6,82	Peso terreno (kN/m ³)	20,00	X _G fondazione	0,00		
S elevazione (m)	3,00	H reinterro fondaz. valle (m)	1,00	H2 elev. muro d'ala (m)	3,32	Coeff. spinta attiva statica k _a	0,2379	Y _G fondazione	-6,00		
B elevazione (m)	13,50	S1 elevazione muri d'ala (m)	1,20	S elev. testa muri d'ala (m)	0,22	Coeff. spinta riposo statica k ₀	0,3843	Z _G fondazione	0,00		

NOME: FONDAZIONE SPALLA 1		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							
	P2	0	0	3544	0,00	-2,40	-4,25	-8505	0	0							
	P3	0	0	186	0,00	-3,00	-6,46	-559	0	0							
	P4	0	0	628	0,00	-3,60	-7,55	-2260	0	0							
	P5	0	0	851	6,15	-7,95	-4,25	-6761	-5231	0							
	P5'	0	0	336	6,50	-7,95	-7,66	-2672	-2185	0							
	P5''	0	0	25	6,36	-7,95	-9,05	-195	-156	0							
	P6	0	0	851	-6,15	-7,95	-4,25	-6761	5231	0							
	P6'	0	0	336	-6,50	-7,95	-7,66	-2672	2185	0							
	P6''	0	0	25	-6,36	-7,95	-9,05	-195	156	0							
Ballast	GBV	0	0	19155	0,00	-9,32	-1,25	-104831	0	0				19155	10100	0	
	GBH	0	459	0	0,00	-12,00	-4,55	2088	0	0				0	0	0	
		0	459	1063				-6361	0	0				0	459	1063	16
	Spinta terreno	THL	0	4297	0	0,00	-12,00	-3,03	13033	0	0				0	4297	12165
		THTsx	3706	0	0	6,75	-6,45	-3,11	0	-11512	23902				0	0	0
		THTdx	-3706	0	0	-6,75	-6,45	-3,11	0	11512	-23902				0	0	0
		TVM	0	0	11868	0,00	-7,95	-5,80	-94352	0	0				0	0	0
		TVV	0	0	297	0,00	-0,45	-3,00	-134	0	0				0	0	0
	Sovraccarico long	Q1	0	1093	0	0,00	-12,00	-4,55	4973	0	0				0	1093	0
			0	1093	0				4973	0	0				0	1093	0

NOME: FONDAZIONE SPALLA 1		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	515	1351	12853	0,00	-0,90	-6,00	-10757	-2099	876	515	1351	12853	62901	-5190	-1752
	Nvert Min	-351	175	5517	0,00	-0,90	-6,00	-4860	1184	-316	-351	175	5517	24323	3290	1475
	Vtrasv Max	530	1411	10342	0,00	-0,90	-6,00	-8461	-1883	1009	530	1411	10342	52748	-5062	-1693
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	0,00	-0,90	-6,00	-5070	1184	-316	-351	-175	5517	22016	3290	1475
	Mlong Max	-351	175	5517	0,00	-0,90	-6,00	-4860	1184	-316	-351	175	5517	24323	3290	1475
	Mlong Min	515	1351	12853	0,00	-0,90	-6,00	-10757	-2099	876	515	1351	12853	62901	-5190	-1752
	Vlong Max	283	2819	8113	0,00	-0,90	-6,00	-5610	-5213	5217	283	2819	8113	52681	-6913	3773
	Vlong Min	0	-234	5826	0,00	-0,90	-6,00	-5384	0	-6	0	-234	5826	22925	0	-6
	Mtrasv Max	-351	175	5517	0,00	-0,90	-6,00	-4860	1184	-316	-351	175	5517	24323	3290	1475
	Mtrasv Min	356	1587	10578	0,00	-0,90	-6,00	-8568	-5855	2807	356	1587	10578	54899	-7990	993
	Mtorc Max	283	2819	8113	0,00	-0,90	-6,00	-5610	-5213	5217	283	2819	8113	52681	-6913	3773
	Mtorc Min	-351	-175	5517	0,00	-0,90	-6,00	-5070	1184	-316	-351	-175	5517	22016	3290	1475
ENV SLE RA	Nvert Max	350	1356	9031	0,00	-0,90	-6,00	-7314	-1407	765	350	1356	9031	46884	-3510	-1022
	Nvert Min	-234	-175	5620	0,00	-0,90	-6,00	-5163	789	-211	-234	-175	5620	22449	2194	983
	Vtrasv Max	360	1422	8873	0,00	-0,90	-6,00	-7132	-1251	907	360	1422	8873	46653	-3414	-932
	Vtrasv Min	-234	-175	5620	0,00	-0,90	-6,00	-5163	789	-211	-234	-175	5620	22449	2194	983
	Mtrasv Max	-234	-175	5620	0,00	-0,90	-6,00	-5163	789	-211	-234	-175	5620	22449	2194	983
	Mtrasv Min	240	1144	7448	0,00	-0,90	-6,00	-6017	-3874	2944	240	1144	7448	38834	-5316	1717
	Vlong Max	220	1916	7399	0,00	-0,90	-6,00	-5510	-3697	3617	220	1916	7399	43718	-5019	2492
	Vlong Min	-234	-175	5620	0,00	-0,90	-6,00	-5163	789	-211	-234	-175	5620	22449	2194	983
	Mlong Max	0	256	5826	0,00	-0,90	-6,00	-5090	0	8	0	256	5826	26162	0	8
	Mlong Min	350	844	9031	0,00	-0,90	-6,00	-7622	-1407	749	350	844	9031	43499	-3510	-1038
	Mtorc Max	220	1916	7399	0,00	-0,90	-6,00	-5510	-3697	3617	220	1916	7399	43718	-5019	2492
	Mtorc Min	-234	-175	5620	0,00	-0,90	-6,00	-5163	789	-211	-234	-175	5620	22449	2194	983
ENV SLE QP	Nvert Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-6,00	-5139	0	0	0	175	5826	25623	0	0
	Nvert Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-6,00	-5348	0	0	0	-175	5826	23316	0	0
	Vtrasv Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-6,00	-5139	0	0	0	175	5826	25623	0	0
	Vtrasv Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-6,00	-5348	0	0	0	-175	5826	23316	0	0
	Mtrasv Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-6,00	-5139	0	0	0	175	5826	25623	0	0
	Mtrasv Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-6,00	-5348	0	0	0	-175	5826	23316	0	0
	Vlong Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-6,00	-5139	0	0	0	175	5826	25623	0	0
	Vlong Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-6,00	-5348	0	0	0	-175	5826	23316	0	0
	Mlong Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-6,00	-5139	0	0	0	175	5826	25623	0	0
	Mlong Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-6,00	-5348	0	0	0	-175	5826	23316	0	0
	Mtorc Max	0	175	5826	0,00	-0,90	-6,00	-5139	0	0	0	175	5826	25623	0	0
	Mtorc Min	0	-175	5826	0,00	-0,90	-6,00	-5348	0	0	0	-175	5826	23316	0	0

Tabella 40 – Riepilogo azioni elementari statiche

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	108

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	19155	10100	0	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	0	459	1063	16	0	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	0	4297	12165	-8461	0	0
SLU Impalcato	Nvert Max	515	1351	12853	62901	-5190	-1752
	Nvert Min	-351	175	5517	24323	3290	1475
	Vtrasv Max	530	1411	10342	52748	-5062	-1693
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	22016	3290	1475
	Mtrasv Max	-351	175	5517	24323	3290	1475
	Mtrasv Min	515	1351	12853	62901	-5190	-1752
	Vlong Max	283	2819	8113	52681	-6913	3773
	Vlong Min	0	-234	5826	22925	0	-6
	Mlong Max	-351	175	5517	24323	3290	1475
	Mlong Min	356	1587	10578	54899	-7990	993
	Mtorc Max	283	2819	8113	52681	-6913	3773
Mtorc Min	-351	-175	5517	22016	3290	1475	
SLE RA Impalcato	Nvert Max	350	1356	9031	46884	-3510	-1022
	Nvert Min	-234	-175	5620	22449	2194	983
	Vtrasv Max	360	1422	8873	46653	-3414	-932
	Vtrasv Min	-234	-175	5620	22449	2194	983
	Mtrasv Max	-234	-175	5620	22449	2194	983
	Mtrasv Min	240	1144	7448	38834	-5316	1717
	Vlong Max	220	1916	7399	43718	-5019	2492
	Vlong Min	-234	-175	5620	22449	2194	983
	Mlong Max	0	256	5826	26162	0	8
	Mlong Min	350	844	9031	43499	-3510	-1038
	Mtorc Max	220	1916	7399	43718	-5019	2492
Mtorc Min	-234	-175	5620	22449	2194	983	
SLE QP Impalcato	Nvert Max	0	175	5826	25623	0	0
	Nvert Min	0	-175	5826	23316	0	0
	Vtrasv Max	0	175	5826	25623	0	0
	Vtrasv Min	0	-175	5826	23316	0	0
	Mtrasv Max	0	175	5826	25623	0	0
	Mtrasv Min	0	-175	5826	23316	0	0
	Vlong Max	0	175	5826	25623	0	0
	Vlong Min	0	-175	5826	23316	0	0
	Mlong Max	0	175	5826	25623	0	0
	Mlong Min	0	-175	5826	23316	0	0
	Mtorc Max	0	175	5826	25623	0	0
Mtorc Min	0	-175	5826	23316	0	0	

LINEA PESCARA – BARI

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

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	109

Qk1	Q (acc. Traffico)	0	1093	0	4973	0	0
E	Sisma long	0	14196	0	59641	0	0
Sisma	Sisma trasv	11666	0	0	0	-51597	-9224
	Sisma vert	0	0	5833	4612	0	0

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

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	111

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	58554	515	-5190	10069	71078	-1752
N _{vert} Min	SLU24	37900	-351	3290	6166	30881	1475
V _{trasv} Max	SLU15	42725	530	-5062	7751	61612	-1693
V _{trasv} Min	SLU16	37900	-351	3290	6166	30881	1475
M _{trasv} Max	SLU13	37900	-351	3290	6515	33188	1475
M _{trasv} Min	SLU4	42961	356	-7990	7927	63764	993
V _{long} Max	SLU7	53814	283	-6913	11537	60857	3773
V _{long} Min	SLU20	38209	0	0	6106	31790	-6
M _{long} Max	SLU14	45236	515	-5190	7692	71766	-1752
M _{long} Min	SLU22	51218	-351	3290	8543	30193	1475
M _{torc} Max	SLU19	40496	283	-6913	9160	61545	3773
M _{torc} Min	SLU13	45236	515	-5190	7692	71766	-1752
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	44042	3500	-15479	9189	49781	-2767
N _{vert} Min	SLV6	32376	3500	-15479	9189	40557	-2767
V _{trasv} Max	SLV3	39959	11666	-51597	9189	46552	-9224
V _{trasv} Min	SLV6	32376	3500	-15479	9189	40557	-2767
M _{trasv} Max	SLV1	39959	3500	-15479	19126	88301	-2767
M _{trasv} Min	SLV6	36459	11666	-51597	9189	43785	-9224
V _{long} Max	SLV1	39959	3500	-15479	19126	88301	-2767
V _{long} Min	SLV6	32376	3500	-15479	9189	40557	-2767
M _{long} Max	SLV1	39959	3500	-15479	19126	88301	-2767
M _{long} Min	SLV4	32376	3500	-15479	9189	40557	-2767
M _{torc} Max	SLV5	44042	3500	-15479	9189	49781	-2767
M _{torc} Min	SLV4	36459	11666	-51597	9189	43785	-9224

Tabella 43 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	112

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	41414	350	-3510	7205	53511	-1022
N _{vert} Min	RA12	38003	-234	2194	5674	29076	983
V _{trasv} Max	RA3	41256	360	-3414	7271	53280	-932
V _{trasv} Min	RA12	38003	-234	2194	5674	29076	983
M _{trasv} Max	RA1	38003	-234	2194	5674	29076	983
M _{trasv} Min	RA12	39831	240	-5316	6993	45461	1717
V _{long} Max	RA7	39782	220	-5019	7764	50344	2492
V _{long} Min	RA12	38003	-234	2194	5674	29076	983
M _{long} Max	RA12	41414	350	-3510	7205	53511	-1022
M _{long} Min	RA6	38003	-234	2194	5674	29076	983
M _{torc} Max	RA7	39782	220	-5019	7764	50344	2492
M _{torc} Min	RA10	41414	350	-3510	6692	50126	-1038
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	38209	0	0	4930	27277	0
N _{vert} Min	QP12	38209	0	0	4581	24969	0
V _{trasv} Max	QP1	38209	0	0	4930	27277	0
V _{trasv} Min	QP12	38209	0	0	4581	24969	0
M _{trasv} Max	QP1	38209	0	0	4930	27277	0
M _{trasv} Min	QP12	38209	0	0	4581	24969	0
V _{long} Max	QP1	38209	0	0	4930	27277	0
V _{long} Min	QP12	38209	0	0	4581	24969	0
M _{long} Max	QP1	38209	0	0	4930	27277	0
M _{long} Min	QP12	38209	0	0	4581	24969	0
M _{torc} Max	QP1	38209	0	0	4930	27277	0
M _{torc} Min	QP12	38209	0	0	4581	24969	0

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

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	113

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.

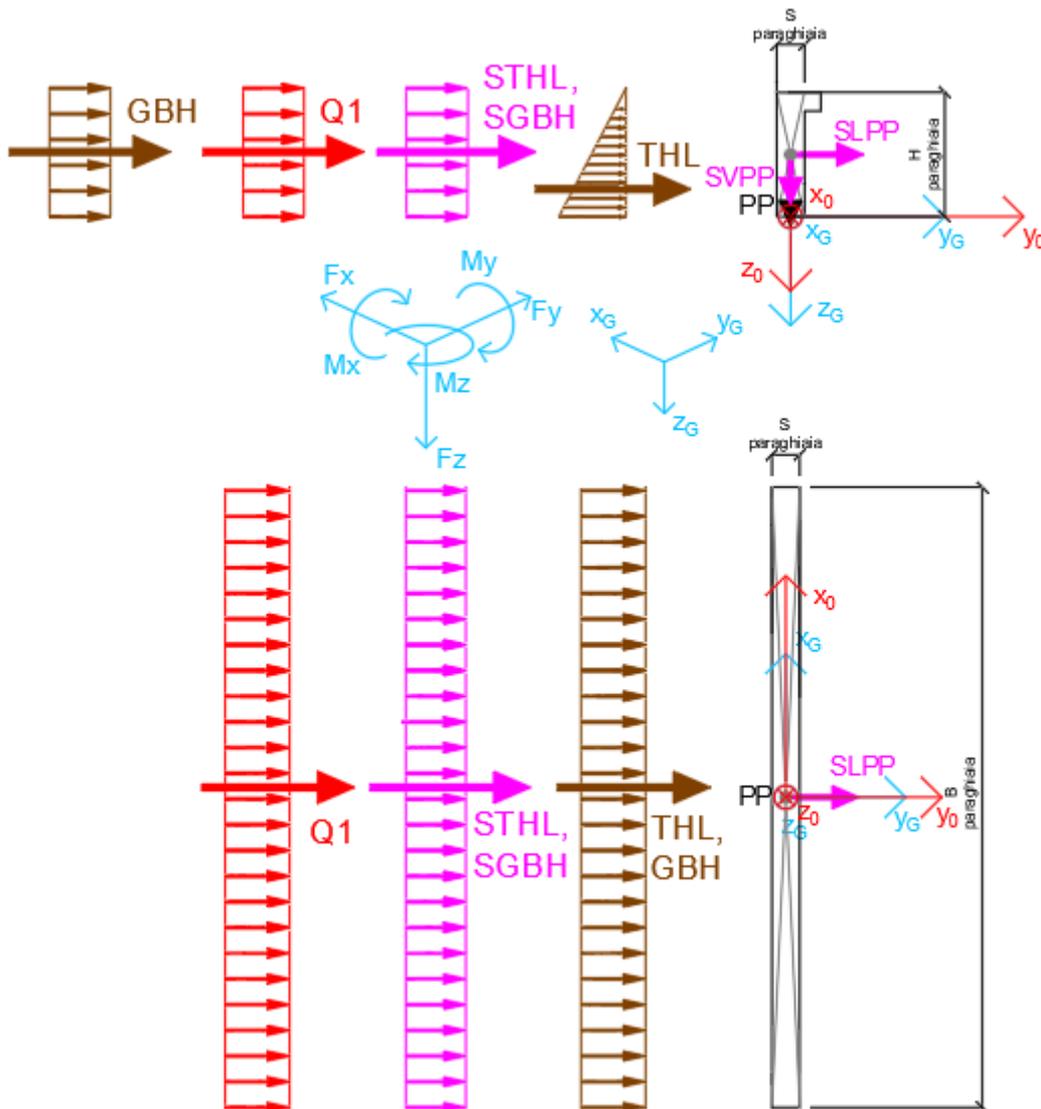


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	114

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)	0,242	Coeff. sismico orizz. k _h		0,2814			Coeff. spinta attiva sismica k _{aE}			0,3878						
Coeff. stratigrafico S _s	1,163	Coeff. sismico vert. k _v		0,1407												
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	177	0	0,00	0,00	-1,55	274	0	0	0	177	0	274	0	0
Sisma vert	SVPP	0	0	88	0,00	0,00	-1,55	0	0	0	0	0	88	0	0	0
Sisma ballast long	SGBH	0	83	0	0,00	-0,30	-1,55	129	0	0	0	83	0	129	0	0
Sisma terreno long	SHTL	0	265	0	0,00	-0,30	-1,55	411	0	0	0	265	0	411	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
Ballast	GBH	0	156	0	0,00	-0,30	-1,55	242	0	0	0	156	0	242	0	0
Spinta terreno	THL	0	499	0	0,00	-0,30	-1,03	515	0	0	0	499	0	515	0	0
Sovaccarico long	Q1	0	904	0	0,00	-0,30	-1,55	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	499	0	515	0	0
Qk1	Q (acc. Traffico)	0	904	0	1401	0	0
E Sisma	Sisma long	0	525	0	814	0	0
	Sisma vert	0	0	88	0	0	0
	-Sisma vert	0	0	-88	0	0	0

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

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	115

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**

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	116

INVILUPPO: SLU		N _{vert}	V _{long}	M _{long}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
N _{vert} Max	SLU2	847	2293	3167
N _{vert} Min	SLU5	628	1310	2031
V _{long} Max	SLU2	847	2293	3167
V _{long} Min	SLU3	628	982	1136
M _{long} Max	SLU2	847	2293	3167
M _{long} Min	SLU3	628	982	1136
INVILUPPO: SLV		N _{vert}	V _{long}	M _{long}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
N _{vert} Max	SLV3	716	812	1002
N _{vert} Min	SLV4	539	812	1002
V _{long} Max	SLV1	654	1180	1571
V _{long} Min	SLV4	539	812	1002
M _{long} Max	SLV1	654	1180	1571
M _{long} Min	SLV4	539	812	1002

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	1559	2158
N _{vert} Min	RA2	628	655	758
V _{long} Max	RA1	628	1559	2158
V _{long} Min	RA2	628	655	758
M _{long} Max	RA1	628	1559	2158
M _{long} Min	RA2	628	655	758
INVILUPPO: SLE QP		N _{vert}	V _{long}	M _{long}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
N _{vert} Max	QP1	628	655	758
N _{vert} Min	QP2	628	0	0
V _{long} Max	QP1	628	655	758
V _{long} Min	QP2	628	0	0
M _{long} Max	QP1	628	655	758
M _{long} Min	QP2	628	0	0

Tabella 50 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	117

11.5 SOLLECITAZIONI MURO D'ALA

11.5.1 Sezione superiore muro d'ala

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 laterale 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 baricentro del muro d'ala alla quota del ringrosso della sezione, e i rispettivi assi x, y, z come riportato nella figura seguente.

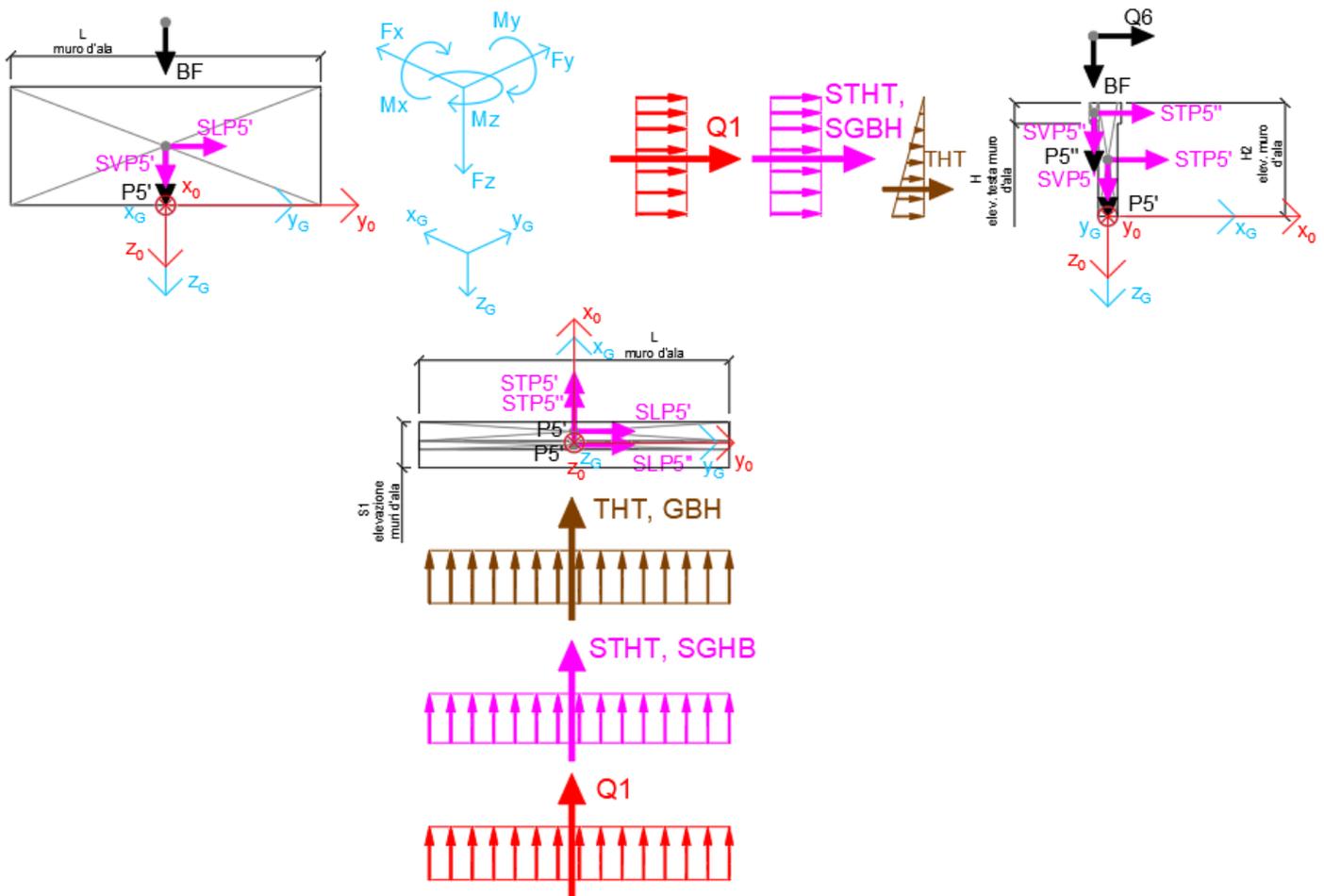


Figura 33 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	118

11.5.1.1 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: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1				CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO													
PGA orizzontale a_g (g)		0,242		Coeff. sismico orizz. k_h				0,2814				Coeff. spinta attiva sismica k_{aE}				0,3878	
Coeff. stratigrafico SS		1,163		Coeff. sismico vert. k_v				0,1407									
NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1				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 trasv	STP5'	95	0	0	0,00	0,00	-1,66	0	-157	0							
	STP5"	7	0	0	0,49	0,00	-3,05	0	-21	0							
	STP7	0	0	0	0,00	-4,05	-3,32	0	0	0							
	STP7'	0	0	0	0,00	-4,05	-3,32	0	0	0							
Sisma vert	SVP5'	0	0	47	0,00	0,00	-1,66	0	0	0	102	0	0	0	-178		
	SVP5"	0	0	3	0,49	0,00	-3,05	0	-2	0							
	SVP7	0	0	0	0,00	-4,05	-3,32	0	0	0							
	SVP7'	0	0	0	0,00	-4,05	-3,32	0	0	0							
	0	0	51						-2	0	0	0	51	0	-2		
Sisma ballast trasv	SGBH	53	0	0	-0,25	0,00	-1,66	0	-89	0							
		53	0	0					-89	0	53	0	0	0	-89		
Sisma terreno trasv	STHT	183	0	0	-0,25	0,00	-1,11	0	-202	0							
		183	0	0					-202	0	183	0	0	0	-202		

Tabella 51 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche

NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1				PARAMETRI DI CALCOLO MURO D'ALA											
S1 elevazione muri d'ala (m)		1,20		L muro d'ala (m)		8,10		S orecchia (m)		0,00		Carico variab. Q LM71 (kPa)		23,15	
S2 elevazione muri d'ala (m)		0,50		S elev. testa muri d'ala (m)		0,22		Peso terreno (kN/m ³)		20,00		Carico ballast (kPa)		9,72	
H1 elev. muro d'ala sx (m)		3,50		H elev. testa muro d'ala (m)		0,55		Coeff. spinta attiva statica k_a		0,2379		X_G muro sx		0,00	
H2 elev. muro d'ala (m)		3,32		H1 orecchia (m)		0,00		Coeff. spinta riposo statica k_0		0,3843		Y_G muro sx		0,00	
H reinterro muro d'ala sx (m)		6,82		H2 orecchia (m)		0,00						Z_G muro sx		0,00	
NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1				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	P5'	0	0	336	0,00	0,00	-1,66	0	0	0					
	P5"	0	0	25	0,49	0,00	-3,05	0	-12	0					
	P7	0	0	0	0,00	-4,05	-3,32	0	0	0					
	P7'	0	0	0	0,00	-4,05	-3,32	0	0	0					
	0	0	361						-12	0	0	0	361	0	-12
Barriera fonoassorbente	BF	0	0	162	-0,35	0,00	-5,82	0	57	0					
		0	0	162					57	0	0	0	162	0	57
Ballast	GBH	100	0	0	-0,25	0,00	-1,66	0	-167	0					
		100	0	0					-167	0	100	0	0	0	-167
Spinta terreno	THT	343	0	0	-0,25	0,00	-1,11	0	-380	0					
		343	0	0					-380	0	343	0	0	0	-380
Sovraccarico traffico	Q1	239	0	0	-0,25	0,00	-1,66	0	-397	0					
		239	0	0					-397	0	239	0	0	0	-397
Vento	Q6	81	0	0	-0,35	0,00	-5,82	0	-469	0					
		81	0	0					-469	0	81	0	0	0	-469

Tabella 52 – Riepilogo azioni elementari statiche

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	119

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	361	0	-12	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	100	0	0	0	-167	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (barriera)	0	0	162	0	57	0
Gk2 Perm. Non Str. altri	G2,3 (terreno)	343	0	0	0	-380	0
Qk1	Q (acc. Traffico)	239	0	0	0	-397	0
Qk6 Vento	Vento MAX	81	0	0	0	-469	0
	Vento MIN	-81	0	0	0	469	0
E Sisma	Sisma trasv	337	0	0	0	-469	0
	-Sisma trasv	-337	0	0	0	469	0
	Sisma vert	0	0	51	0	-2	0
	-Sisma vert	0	0	-51	0	2	0

Tabella 53 – Risultanti azioni elementari al centro del muro d'ala G (quota ringrosso sezione)

NomeEnv:	TipoComb:	NumComb:	Comb:	Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio)	Gk2b Ballast-G2,1 (ballast)	Gk2 Perm. Non Str.-G2,2 (barriera)	Gk2 Perm. Non Str. altri-G2,3 (terreno)	Qk1-Q (acc. Traffico)	Qk6-Vento MAX	Qk6-Vento MIN	E-Sisma trasv	E-Sisma trasv	E-Sisma vert	E-Sisma vert
SLU	1	1	SLU1	1,35	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	2	2	SLU2	1,35	1,50	1,50	1,50	1,45	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	2	3	SLU3	1,35	1,50	1,50	1,50	1,45	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	3	4	SLU4	1,35	1,50	1,50	1,50	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	4	5	SLU5	1,35	1,50	1,50	1,50	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLV	5	6	SLV1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,00	0,30	0,00
SLV	5	7	SLV2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	0,30	0,00
SLV	5	8	SLV3	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,00	0,00	0,30
SLV	5	9	SLV4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	0,00	0,30
SLV	5	10	SLV5	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,30	0,00	1,00	0,00
SLV	5	11	SLV6	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,30	0,00	1,00	0,00
SLV	5	12	SLV7	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,30	0,00	0,00	1,00
SLV	5	13	SLV8	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,30	0,00	0,00	1,00
SLV	5	14	SLV9	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	1,00	0,30	0,00
SLV	5	15	SLV10	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,30	0,00
SLV	5	16	SLV11	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	1,00	0,00	0,30
SLV	5	17	SLV12	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,00	0,30
SLV	5	18	SLV13	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,30	1,00	0,00
SLV	5	19	SLV14	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,30	1,00	0,00
SLV	5	20	SLV15	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,30	0,00	1,00
SLV	5	21	SLV16	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,30	0,00	1,00
SLE RA	6	22	RA1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE RA	6	23	RA2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE RA	7	24	RA3	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE RA	7	25	RA4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	8	26	QP1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	9	27	QP2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	9	28	QP3	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 54 – Combinazioni di carico adottate

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	120

INVILUPPO: SLU		N _{vert}	V _{trasv}	M _{trasv}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N _{vert} Max	SLU3	730	940	-905
N _{vert} Min	SLU5	730	1012	-1327
V _{trasv} Max	SLU2	730	1085	-1749
V _{trasv} Min	SLU4	730	786	-1454
M _{trasv} Max	SLU5	730	940	-905
M _{trasv} Min	SLU4	730	1085	-1749
INVILUPPO: SLV		N _{vert}	V _{trasv}	M _{trasv}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N _{vert} Max	SLV14	573	302	-128
N _{vert} Min	SLV15	472	383	-594
V _{trasv} Max	SLV3	507	821	-1205
V _{trasv} Min	SLV10	538	66	201
M _{trasv} Max	SLV12	507	66	202
M _{trasv} Min	SLV1	538	821	-1206

Tabella 55 – ENV SLU, SLV - Azioni totali involuppo

INVILUPPO: SLE RA		N _{vert}	V _{trasv}	M _{trasv}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N _{vert} Max	RA4	523	554	-350
N _{vert} Min	RA3	523	716	-1289
V _{trasv} Max	RA1	523	731	-1180
V _{trasv} Min	RA4	523	554	-350
M _{trasv} Max	RA4	523	554	-350
M _{trasv} Min	RA3	523	716	-1289
INVILUPPO: SLE QP		N _{vert}	V _{trasv}	M _{trasv}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N _{vert} Max	QP3	523	403	-267
N _{vert} Min	QP2	523	484	-736
V _{trasv} Max	QP2	523	484	-736
V _{trasv} Min	QP3	523	403	-267
M _{trasv} Max	QP3	523	403	-267
M _{trasv} Min	QP2	523	484	-736

Tabella 56 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali involuppo

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	122

11.5.2.1 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: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 1				CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO													
PGA orizzontale a _g (g)		0,242		Coeff. sismico orizz. k _h				0,2814				Coeff. spinta attiva sismica k _{aE}				0,3878	
Coeff. stratigrafico SS		1,163		Coeff. sismico vert. k _v				0,1407									
NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 1				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 trasv	STP5	239	0	0	0,00	0,00	-1,75	0	-419	0							
	STP5'	95	0	0	0,35	0,00	-5,16	0	-488	0							
	STP5"	7	0	0	-0,01	0,00	-6,55	0	-45	0							
	STP7	0	0	0	0,35	-4,05	-6,82	0	0	0							
	STP7'	0	0	0	0,35	-4,05	-6,82	0	0	0							
		341	0	0				0	-952	0	341	0	0	0	0	-952	
Sisma vert	SVP5	0	0	120	0,00	0,00	-1,75	0	0	0							
	SVP5'	0	0	47	0,35	0,00	-5,16	0	-17	0							
	SVP5"	0	0	3	-0,01	0,00	-6,55	0	0	0							
	SVP7	0	0	0	0,35	-4,05	-6,82	0	0	0							
	SVP7'	0	0	0	0,35	-4,05	-6,82	0	0	0							
		0	0	170				0	-17	0	0	0	170	0	0	-17	
Sisma ballast trasv	SGBH	110	0	0	-0,60	0,00	-3,41	0	-374	0							
		110	0	0				0	-374	0	110	0	0	0	0	-374	
Sisma terreno trasv	STHT	770	0	0	-0,60	0,00	-2,27	0	-1751	0							
		770	0	0				0	-1751	0	770	0	0	0	0	-1751	

Tabella 57 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche

NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 1				PARAMETRI DI CALCOLO MURO D'ALA												
S1 elevazione muri d'ala (m)		1,20		L muro d'ala (m)		8,10		S orecchia (m)		0,00		Carico variab. Q LM71 (kPa)		23,15		
S2 elevazione muri d'ala (m)		0,50		S elev. testa muri d'ala (m)		0,22		Peso terreno (kN/m ³)		20,00		Carico ballast (kPa)		9,72		
H1 elev. muro d'ala sx (m)		3,50		H elev. testa muro d'ala (m)		0,55		Coeff. spinta attiva statica k _a		0,2379		X _G muro sx		0,00		
H2 elev. muro d'ala (m)		3,32		H1 orecchia (m)		0,00		Coeff. spinta riposo statica k ₀		0,3843		Y _G muro sx		0,00		
H reinterro muro d'ala sx (m)		6,82		H2 orecchia (m)		0,00						Z _G muro sx		0,00		
NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA 1				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	P5	0	0	851	0,00	0,00	-1,75	0	0	0						
	P5'	0	0	336	0,35	0,00	-5,16	0	-118	0						
	P5"	0	0	25	-0,01	0,00	-6,55	0	0	0						
	P7	0	0	0	0,35	-4,05	-6,82	0	0	0						
	P7'	0	0	0	0,35	-4,05	-6,82	0	0	0						
		0	0	1211				0	-117	0	0	0	1211	0	0	-117
Barriera fonoassorbente	BF	0	0	162	0,00	0,00	-9,32	0	0	0						
		0	0	162				0	0	0	0	0	162	0	0	0
Ballast	GBH	206	0	0	-0,60	0,00	-3,41	0	-704	0						
		206	0	0				0	-704	0	206	0	0	0	0	-704
Spinta terreno	THT	1448	0	0	-0,60	0,00	-2,27	0	-3292	0						
		1448	0	0				0	-3292	0	1448	0	0	0	0	-3292
Sovraccarico traffico	Q1	491	0	0	-0,60	0,00	-3,41	0	-1676	0						
		491	0	0				0	-1676	0	491	0	0	0	0	-1676
Vento	Q6	81	0	0	0,00	0,00	-9,32	0	-751	0						
		81	0	0				0	-751	0	81	0	0	0	0	-751

Tabella 58 – Riepilogo azioni elementari statiche

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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	123

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	1211	0	-117	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	206	0	0	0	-704	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (barriera)	0	0	162	0	0	0
Gk2 Perm. Non Str. altri	G2,3 (terreno)	1448	0	0	0	-3292	0
Qk1	Q (acc. Traffico)	491	0	0	0	-1676	0
Qk6 Vento	Vento MAX	81	0	0	0	-751	0
	Vento MIN	-81	0	0	0	751	0
E Sisma	Sisma trasv	1221	0	0	0	-3078	0
	-Sisma trasv	-1221	0	0	0	3078	0
	Sisma vert	0	0	170	0	-17	0
	-Sisma vert	0	0	-170	0	17	0

Tabella 59 – Risultanti azioni elementari al centro del muro d'ala G (quota estradosso fondazione)

NomeEnv:	TipoComb:	NumComb:	Comb:	Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio)	Gk2b Ballast-G2,1 (ballast)	Gk2 Perm. Non Str.-G2,2 (barriera)	Gk2 Perm. Non Str.-G2,3 (terreno)	Qk1-Q (acc. Traffico)	Qk6-Vento MAX	Qk6-Vento MIN	E-Sisma trasv	E-Sisma trasv	E-Sisma vert	E-Sisma vert
SLU	1	1	SLU1	1,35	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	2	2	SLU2	1,35	1,50	1,50	1,50	1,45	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	2	3	SLU3	1,35	1,50	1,50	1,50	1,45	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	3	4	SLU4	1,35	1,50	1,50	1,50	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLU	4	5	SLU5	1,35	1,50	1,50	1,50	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLV	5	6	SLV1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,00	0,30	0,00
SLV	5	7	SLV2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	0,30	0,00
SLV	5	8	SLV3	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,00	0,00	0,30
SLV	5	9	SLV4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	0,00	0,30
SLV	5	10	SLV5	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,30	0,00	1,00	0,00
SLV	5	11	SLV6	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,30	0,00	1,00	0,00
SLV	5	12	SLV7	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,30	0,00	0,00	1,00
SLV	5	13	SLV8	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,30	0,00	0,00	1,00
SLV	5	14	SLV9	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	1,00	0,30	0,00
SLV	5	15	SLV10	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,30	0,00
SLV	5	16	SLV11	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	1,00	0,00	0,30
SLV	5	17	SLV12	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,00	0,30
SLV	5	18	SLV13	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,30	1,00	0,00
SLV	5	19	SLV14	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,30	1,00	0,00
SLV	5	20	SLV15	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,30	0,00	1,00
SLV	5	21	SLV16	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,30	0,00	1,00
SLE RA	6	22	RA1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE RA	6	23	RA2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE RA	7	24	RA3	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE RA	7	25	RA4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	8	26	QP1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	9	27	QP2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SLE QP	9	28	QP3	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 60 – Combinazioni di carico adottate

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	124

INVILUPPO: SLU		N _{vert}	V _{trasv}	M _{trasv}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N _{vert} Max	SLU4	1878	2602	-7278
N _{vert} Min	SLU5	1878	3194	-8582
V _{trasv} Max	SLU2	1878	3267	-9258
V _{trasv} Min	SLU4	1878	2602	-7278
M _{trasv} Max	SLU5	1878	2602	-7278
M _{trasv} Min	SLU5	1878	3267	-9258
INVILUPPO: SLV		N _{vert}	V _{trasv}	M _{trasv}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N _{vert} Max	SLV14	1544	1248	-2830
N _{vert} Min	SLV15	1203	1328	-3549
V _{trasv} Max	SLV3	1322	2916	-7561
V _{trasv} Min	SLV10	1424	393	-664
M _{trasv} Max	SLV12	1322	393	-654
M _{trasv} Min	SLV1	1424	2916	-7571

Tabella 61 – ENV SLU, SLV - Azioni totali involuppo

INVILUPPO: SLE RA		N _{vert}	V _{trasv}	M _{trasv}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N _{vert} Max	RA4	1373	1967	-4702
N _{vert} Min	RA3	1373	2128	-6205
V _{trasv} Max	RA1	1373	2194	-6239
V _{trasv} Min	RA4	1373	1967	-4702
M _{trasv} Max	RA4	1373	1967	-4702
M _{trasv} Min	RA1	1373	2194	-6239
INVILUPPO: SLE QP		N _{vert}	V _{trasv}	M _{trasv}
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N _{vert} Max	QP3	1373	1614	-3737
N _{vert} Min	QP2	1373	1695	-4488
V _{trasv} Max	QP2	1373	1695	-4488
V _{trasv} Min	QP3	1373	1614	-3737
M _{trasv} Max	QP3	1373	1614	-3737
M _{trasv} Min	QP2	1373	1695	-4488

Tabella 62 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali involuppo

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								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	125

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 $\Phi 26/20$ 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.

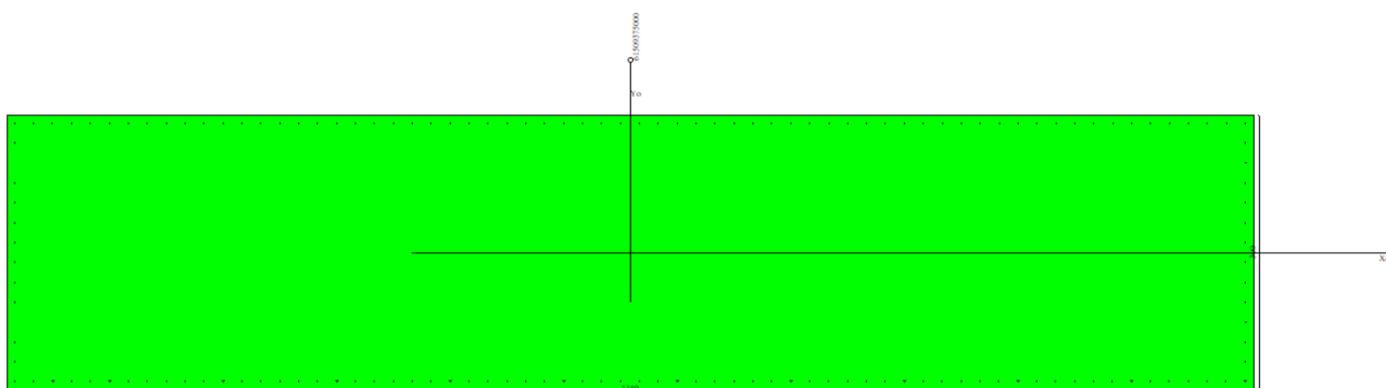


Figura 35 – Sezione trasversale spalla 1 e relativa armatura

Dati

Nome sezione: SEZIONE SPALLA S1

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**

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	126

N°	X	Y	d	ø
1	9,30	9,30	26	5,31
2	29,78	9,30	26	5,31
3	50,27	9,30	26	5,31
4	70,75	9,30	26	5,31
5	91,23	9,30	26	5,31
6	111,72	9,30	26	5,31
7	132,20	9,30	26	5,31
8	152,68	9,30	26	5,31
9	173,16	9,30	26	5,31
10	193,65	9,30	26	5,31
11	214,13	9,30	26	5,31
12	234,61	9,30	26	5,31
13	255,10	9,30	26	5,31
14	275,58	9,30	26	5,31
15	296,06	9,30	26	5,31
16	316,55	9,30	26	5,31
17	337,03	9,30	26	5,31
18	357,51	9,30	26	5,31
19	378,00	9,30	26	5,31
20	398,48	9,30	26	5,31
21	418,96	9,30	26	5,31
22	439,44	9,30	26	5,31
23	459,93	9,30	26	5,31
24	480,41	9,30	26	5,31
25	500,89	9,30	26	5,31
26	521,38	9,30	26	5,31
27	541,86	9,30	26	5,31
28	562,34	9,30	26	5,31
29	582,83	9,30	26	5,31
30	603,31	9,30	26	5,31
31	623,79	9,30	26	5,31
32	644,28	9,30	26	5,31
33	664,76	9,30	26	5,31
34	685,24	9,30	26	5,31
35	705,72	9,30	26	5,31
36	726,21	9,30	26	5,31
37	746,69	9,30	26	5,31
38	767,17	9,30	26	5,31
39	787,66	9,30	26	5,31
40	808,14	9,30	26	5,31
41	828,62	9,30	26	5,31
42	849,11	9,30	26	5,31
43	869,59	9,30	26	5,31
44	890,07	9,30	26	5,31
45	910,56	9,30	26	5,31
46	931,04	9,30	26	5,31
47	951,52	9,30	26	5,31
48	972,00	9,30	26	5,31
49	992,49	9,30	26	5,31
50	1012,97	9,30	26	5,31
51	1033,45	9,30	26	5,31
52	1053,94	9,30	26	5,31
53	1074,42	9,30	26	5,31
54	1094,90	9,30	26	5,31
55	1115,39	9,30	26	5,31
56	1135,87	9,30	26	5,31
57	1156,35	9,30	26	5,31
58	1176,84	9,30	26	5,31

LINEA PESCARA – BARI

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

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	127

59	1197,32	9,30	26	5,31
60	1217,80	9,30	26	5,31
61	1238,28	9,30	26	5,31
62	1258,77	9,30	26	5,31
63	1279,25	9,30	26	5,31
64	1299,73	9,30	26	5,31
65	1320,22	9,30	26	5,31
66	1340,70	9,30	26	5,31
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

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	128

119	275,40	291,00	20	3,14
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]

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	129

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	18736,2000	24982,8900	-3902,0400	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	9874,4300	11591,9300	2412,5300	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	11399,6600	15757,6300	2412,5300	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	14935,4300	21851,1200	-7100,3100	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	13995,7100	28157,9100	-6204,6200	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
6	10183,8000	11534,8900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
7	12072,9600	-11776,6500	16108,5000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
8	8294,6400	-11776,6500	12524,2400	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
9	10750,5500	-3533,0000	26284,2600	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
10	8294,6400	-11776,6500	12524,2400	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
11	10750,5500	-3533,0000	26284,2600	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
12	8294,6400	-11776,6500	12524,2400	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
13	13389,1900	-2633,8100	18801,5400	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
14	9977,5500	1608,3500	10476,6500	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
15	9977,5500	1608,3500	10476,6500	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
16	11805,7500	-4715,2700	16982,2100	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
17	11756,5500	-4468,1900	20114,6000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
18	9977,5500	1608,3500	10476,6500	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
19	10183,8000	0,0000	9417,6900	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
20	10183,8000	0,0000	7984,4900	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
21	10183,8000	0,0000	9417,6900	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
22	10183,8000	0,0000	7984,4900	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
23	10183,8000	0,0000	9417,6900	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
24	10183,8000	0,0000	7984,4900	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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	130

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	759,82	20,60	(1350,00; 811,73)	(-809,38; 0,00)
14	785,44	-17,54	(-1255,88; 300,00)	(1350,00; -523,75)
15	785,44	-17,54	(-1255,88; 300,00)	(1350,00; -523,75)
16	459,17	10,58	(1350,00; 467,11)	(-1150,85; 0,00)
17	491,00	13,10	(1350,00; 504,11)	(-817,09; 0,00)
18	785,44	-17,54	(-1255,88; 300,00)	(1350,00; -523,75)
19	2321,67	-81,20	(-999,34; 300,00)	(1350,00; -14872,37)
20	2606,76	-79,65	(-1299,88; 300,00)	(1350,00; -14208,97)
21	2321,67	-81,20	(-999,34; 300,00)	(1350,00; -14872,37)
22	2606,76	-79,65	(-1299,88; 300,00)	(1350,00; -14208,97)
23	2321,67	-81,20	(-999,34; 300,00)	(1350,00; -14872,37)
24	2606,76	-79,65	(-1299,88; 300,00)	(1350,00; -14208,97)

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}
13	0,642	0,000	0,000	9,471	0,197
14	0,431	0,000	0,000	6,378	0,858
15	0,431	0,000	0,000	6,378	0,858
16	0,689	0,000	0,000	10,091	-1,645
17	0,715	0,000	0,000	10,474	-2,101
18	0,431	0,000	0,000	6,378	0,858
19	0,350	0,000	0,000	5,221	2,151
20	0,334	0,000	0,000	4,995	2,377
21	0,350	0,000	0,000	5,221	2,151
22	0,334	0,000	0,000	4,995	2,377
23	0,350	0,000	0,000	5,221	2,151
24	0,334	0,000	0,000	4,995	2,377

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 N_u Storzo 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
182180,9999	-37941,3941	242920,5432	9,72

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	131

<u>750031,4990</u>	<u>-156203,1207</u>	<u>24982,8900</u>	40,03
<u>183037,7348</u>	<u>-3902,0400</u>	<u>244062,9154</u>	9,77
<u>760432,4972</u>	<u>-3902,0400</u>	<u>24982,8900</u>	40,59
18736,2000	<u>-266692,9343</u>	<u>24982,8900</u>	68,35
18736,2000	<u>-10739,9330</u>	<u>68762,6383</u>	2,75
18736,2000	<u>-3902,0400</u>	<u>68779,4400</u>	2,75

Combinazione n° 2

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	<u>FS</u>
<u>234286,0816</u>	<u>57240,9952</u>	<u>275036,4181</u>	23,73
<u>749907,1680</u>	<u>183218,0227</u>	11591,9300	75,94
<u>235991,9412</u>	2412,5300	<u>277038,9848</u>	23,90
<u>771655,0042</u>	2412,5300	11591,9300	78,15
9874,4300	<u>216554,3819</u>	11591,9300	89,76
9874,4300	<u>11805,4865</u>	<u>56724,0089</u>	4,89
9874,4300	2412,5300	<u>56747,5054</u>	4,90

Combinazione n° 3

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	<u>FS</u>
<u>167963,7207</u>	<u>35546,4562</u>	<u>232174,4828</u>	14,73
<u>753347,9398</u>	<u>159432,3432</u>	15757,6300	66,09
<u>168738,2658</u>	2412,5300	<u>233245,1283</u>	14,80
<u>768220,1564</u>	2412,5300	15757,6300	67,39
11399,6600	<u>225198,1897</u>	15757,6300	93,35
11399,6600	<u>9005,3991</u>	<u>58819,4743</u>	3,73
11399,6600	2412,5300	<u>58834,3833</u>	3,73

Combinazione n° 4

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	<u>FS</u>
<u>145260,8184</u>	<u>-69057,0571</u>	<u>212522,2759</u>	9,73
<u>715574,8404</u>	<u>-340184,5943</u>	21851,1200	47,91
<u>147180,7339</u>	-7100,3100	<u>215331,1875</u>	9,85
<u>763055,4358</u>	-7100,3100	21851,1200	51,09
14935,4300	<u>-245031,5389</u>	21851,1200	34,51
14935,4300	<u>-20661,7667</u>	<u>63586,3424</u>	2,91
14935,4300	-7100,3100	<u>63637,2373</u>	2,91

Combinazione n° 5

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	<u>FS</u>
<u>61664,5009</u>	<u>-27337,2909</u>	<u>124062,5496</u>	4,41
<u>718309,3343</u>	<u>-318443,0416</u>	28157,9100	51,32
<u>61820,0410</u>	-6204,6200	<u>124375,4801</u>	4,42
<u>757681,4758</u>	-6204,6200	28157,9100	54,14
13995,7100	<u>-237205,3025</u>	28157,9100	38,23
13995,7100	<u>-13736,9031</u>	<u>62341,0429</u>	2,21
13995,7100	-6204,6200	<u>62363,7098</u>	2,21

Combinazione n° 6

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	<u>FS</u>
<u>251080,3790</u>	0,0000	<u>284391,3424</u>	24,65
<u>771720,1385</u>	0,0000	11534,8900	75,78
10183,8000	0,0000	<u>57174,5862</u>	4,96

Combinazione n° 7

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	132

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	FS
272082,9480	363030,1242	-265405,1409	22,54
613787,7590	818954,1020	-11776,6500	50,84
308434,8571	16108,5000	-300864,8551	25,55
783433,3013	16108,5000	-11776,6500	64,89
12072,9600	226131,1981	-11776,6500	14,04
12072,9600	59998,8941	-43864,1696	3,72
12072,9600	16108,5000	-44211,7888	3,75

Combinazione n° 8

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	FS
125712,7789	189816,1962	-178485,7929	15,16
594013,3999	896912,5102	-11776,6500	71,61
138761,3591	12524,2400	-197012,0414	16,73
783653,4112	12524,2400	-11776,6500	94,48
8294,6400	203167,6314	-11776,6500	16,22
8294,6400	41269,7325	-38806,2824	3,30
8294,6400	12524,2400	-38975,2554	3,31

Combinazione n° 9

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	FS
423941,6544	1036504,4272	-139321,7896	39,43
490990,3661	1200433,3212	-3533,0000	45,67
606536,7692	26284,2600	-199328,8163	56,42
781964,0690	26284,2600	-3533,0000	72,74
10750,5500	220719,4457	-3533,0000	8,40
10750,5500	206371,0996	-27739,3807	7,85
10750,5500	26284,2600	-42330,3809	11,98

Combinazione n° 10

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	FS
125712,7789	189816,1962	-178485,7929	15,16
594013,3999	896912,5102	-11776,6500	71,61
138761,3591	12524,2400	-197012,0414	16,73
783653,4112	12524,2400	-11776,6500	94,48
8294,6400	203167,6314	-11776,6500	16,22
8294,6400	41269,7325	-38806,2824	3,30
8294,6400	12524,2400	-38975,2554	3,31

Combinazione n° 11

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	FS
423941,6544	1036504,4272	-139321,7896	39,43
490990,3661	1200433,3212	-3533,0000	45,67
606536,7692	26284,2600	-199328,8163	56,42
781964,0690	26284,2600	-3533,0000	72,74
10750,5500	220719,4457	-3533,0000	8,40
10750,5500	206371,0996	-27739,3807	7,85
10750,5500	26284,2600	-42330,3809	11,98

Combinazione n° 12

<u>N_u</u>	<u>M_{xu}</u>	<u>M_{yu}</u>	FS
125712,7789	189816,1962	-178485,7929	15,16
594013,3999	896912,5102	-11776,6500	71,61
138761,3591	12524,2400	-197012,0414	16,73
783653,4112	12524,2400	-11776,6500	94,48

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	133

8294,6400	203167,6314	-11776,6500	16,22
8294,6400	<u>41269,7325</u>	<u>-38806,2824</u>	3,30
8294,6400	12524,2400	<u>-38975,2554</u>	3,31

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 _t	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 _t	σ _c	A _{eff}	ε	S _{rm}	w
13	145976,3317	-20449,0655	-388,534	-26,383	128088,48	0,0000	0	0,0000
14	136311,0384	20926,1413	-360,180	-24,433	134890,14	0,0000	0	0,0000
15	136311,0384	20926,1413	-360,180	-24,433	134890,14	0,0000	0	0,0000
16	104559,9977	-29032,0647	-378,203	-25,905	111098,64	0,0000	0	0,0000
17	117426,8348	-26084,8045	-382,959	-26,148	110101,67	0,0000	0	0,0000
18	136311,0384	20926,1413	-360,180	-24,433	134890,14	0,0000	0	0,0000
19	228025,8191	0,0000	-661,362	-44,507	163808,72	0,0000	0	0,0000
20	228019,5683	0,0000	-661,338	-44,505	163808,71	0,0000	0	0,0000
21	228025,8191	0,0000	-661,362	-44,507	163808,72	0,0000	0	0,0000
22	228019,5683	0,0000	-661,338	-44,505	163808,71	0,0000	0	0,0000
23	228025,8191	0,0000	-661,362	-44,507	163808,72	0,0000	0	0,0000
24	228019,5683	0,0000	-661,338	-44,505	163808,71	0,0000	0	0,0000

Inviluppo verifiche a pressoflessione

Simbologia adottata

N	Storzo normale espresso in [kN]
M _x	Momento in direzione X espresso in [kNm]
M _y	Momento in direzione Y espresso in [kNm]
N _u	Storzo normale ultimo espresso in [kN]
M _{x,u}	Momento ultimo in direzione X espresso in [kNm]
M _{y,u}	Momento ultimo in direzione Y espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 1 - SEZIONE SPALLA S1

N	M _x	M _y	N	M _{x,u}	M _{y,u}	FS	Comb.
13995,71	-6204,62	28157,91	61664,50	-27337,29	124062,55	4.406	5
18736,20	-3902,04	24982,89	750031,50	-156203,12	24982,89	40.031	1
13995,71	-6204,62	28157,91	61820,04	-6204,62	124375,48	4.417	5
18736,20	-3902,04	24982,89	760432,50	-3902,04	24982,89	40.586	1
10750,55	26284,26	-3533,00	10750,55	220719,45	-3533,00	8.397	9
13995,71	-6204,62	28157,91	13995,71	-13736,90	62341,04	2.214	5
13995,71	-6204,62	28157,91	13995,71	-6204,62	62363,71	2.215	5

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]

LINEA PESCARA – BARI

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

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	134

Comb. Combinazione critica

Sezione n° 1 - SEZIONE SPALLA S1

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	0,350	14,940	0,142	3,099	2,151	5,221	450,000	19
SLER	0,715	18,260	-0,156	3,099	-2,101	10,474	337,500	17

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 S1

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-661,362	-44,507	16064,404	0,0000	0,000	0,000	0,200	19
SLER	-388,534	-26,383	12561,389	0,0000	0,000	0,000	0,200	13

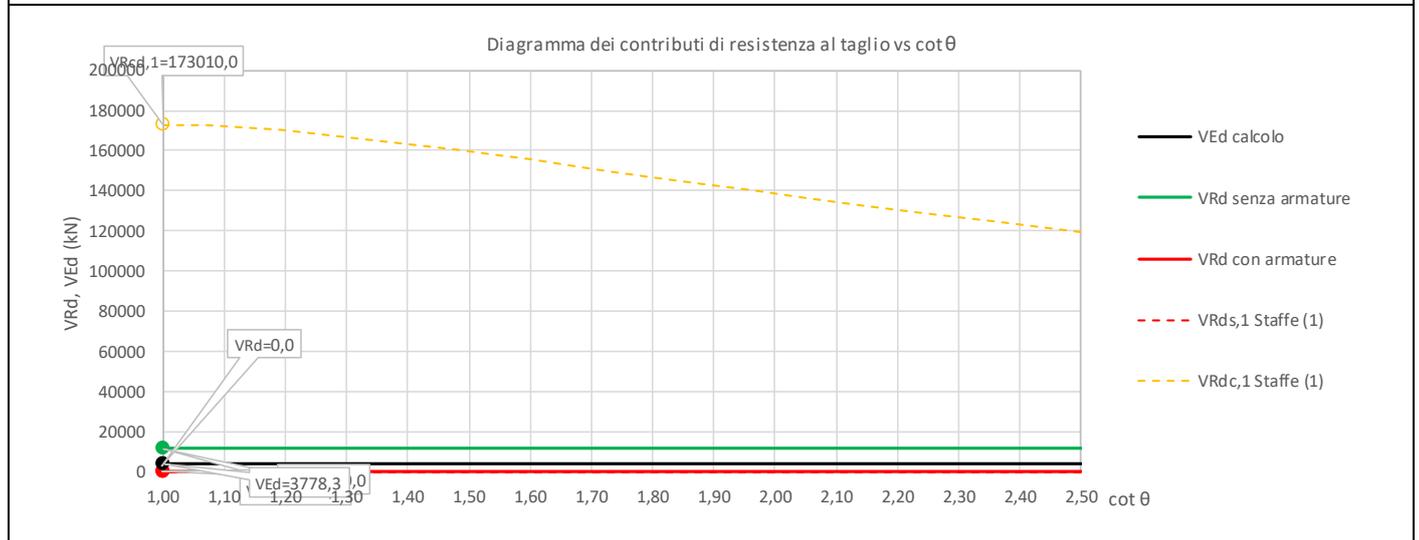
MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	135

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	-12073,0	3778,3	16108,5	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	$A_{sl,\emptyset}$	A_{sl}					
	(MPa)		(mm)	(cm ²)	(cm ²)					
Barre B450C	391,3	14	20	3,14	43,98					
		0	0	0,00	0,00	0,0				
Dywidag Y1050	826,1	0	0	0,00	0,00	0,0				
Trefoli Y1670	1452,2	0		0,00	0,00	0,0				
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)		
	43,98	0,15	1,12	0,01%	0,24	0,30	1,02	11454,7	33,0% VERIFICA OK	



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	136

NOME: SLV LONG	CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1
DATI SEZIONE			AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO		
b_w (m)	d (m)	θ cotg θ (°)	N_{Ed} (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)	f_{ck} (MPa)	f_{cd} (MPa)	γ_c
13,50	2,91	30,00 1,73	-10750,5	7925,5	3533,0	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} (MPa)	n	\varnothing (mm)	$A_{sl,\varnothing}$ (cm ²)	A_{sl} (cm ²)			
Barre B450C	391,3	66	26	5,31	350,41			
Dywidag Y1050	826,1	0	0	0,00	0,00	0,0		
Trefoli Y1670	1452,2	0	0	0,00	0,00	0,0		
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)								
	A_{sl} (cm ²)	k_1	k	ρ_l (%) (%)	v_{min} (MPa)	σ_{cp} (MPa)	α_c	V_{Rd} (kN)
	350,41	0,15	1,26	0,09%	0,29	0,27	1,01	12836,8
								V_{Ed}/V_{Rd} 61,7% VERIFICA OK



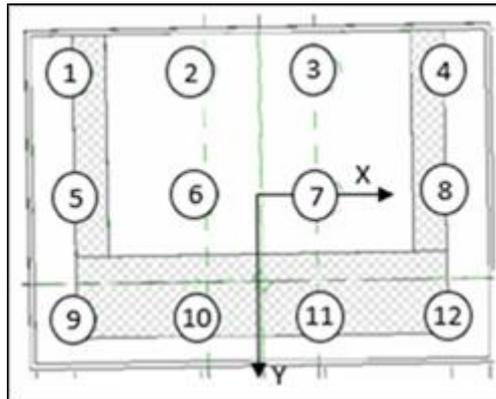
Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	137

11.7 VERIFICHE PLINTO FONDAZIONE

Nel presente paragrafo sono stati eseguite le verifiche strutturali del plinto di fondazione, considerando le reazioni in testa palo riportate nella specifica relazione di dimensionamento geotecnico delle palificate, di cui di seguito si riportano gli schemi generali e le azioni calcolate per i vari stati limite.



Azioni		Ripartizione degli sforzi normali sui pali della palificata												Hmax, singolo palo	Mmax, 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]	[kNm]
		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	SLU6	2752	2830	2908	2985	4843	4921	4998	5076	6934	7011	7089	7167	842	3369
Nvert Min	SLU24	2374	2325	2276	2227	3231	3183	3134	3085	4089	4040	3992	3943	515	2059
Vtrasv Max	SLU15	1702	1777	1852	1927	3524	3599	3674	3749	5347	5422	5497	5572	649	2598
Vtrasv Min	SLU16	2374	2325	2276	2227	3231	3183	3134	3085	4089	4040	3992	3943	515	2059
Mtrasv Max	SLU13	2310	2261	2212	2163	3231	3183	3134	3085	4153	4105	4056	4007	544	2175
Mtrasv Min	SLU4	1588	1721	1854	1988	3422	3555	3688	3822	5256	5389	5523	5656	663	2653
Vlong Max	SLU7	2597	2714	2832	2949	4350	4468	4585	4702	6104	6221	6338	6456	964	3855
Vlong Min	SLU20	2303	2303	2303	2303	3184	3184	3184	3184	4065	4065	4065	4065	508	2031
Mlong Max	SLU14	1623	1701	1779	1856	3733	3811	3888	3966	5843	5920	5998	6076	644	2578
Mlong Min	SLU22	3503	3454	3405	3356	4341	4293	4244	4195	5180	5131	5082	5034	713	2850
Mtorc Max	SLU19	1468	1585	1703	1820	3240	3358	3475	3592	5013	5130	5248	5365	766	3063
Mtorc Min	SLU13	1623	1701	1779	1856	3733	3811	3888	3966	5843	5920	5998	6076	644	2578
Nvert Max	SLV5	1921	2155	2390	2624	3326	3561	3795	4029	4732	4966	5200	5435	825	3302
Nvert Min	SLV6	1216	1450	1685	1919	2339	2573	2807	3042	3462	3696	3930	4164	825	3302
Vtrasv Max	SLV3	854	1635	2416	3197	2161	2942	3723	4504	3467	4248	5029	5810	1253	5010
Vtrasv Min	SLV6	1216	1450	1685	1919	2339	2573	2807	3042	3462	3696	3930	4164	825	3302
Mtrasv Max	SLV1	493	727	962	1196	2981	3215	3449	3684	5469	5703	5937	6171	1636	6546
Mtrasv Min	SLV6	643	1424	2205	2986	1865	2645	3426	4207	3086	3867	4648	5429	1253	5010
Vlong Max	SLV1	493	727	962	1196	2981	3215	3449	3684	5469	5703	5937	6171	1636	6546
Vlong Min	SLV6	1216	1450	1685	1919	2339	2573	2807	3042	3462	3696	3930	4164	825	3302
Mlong Max	SLV1	493	727	962	1196	2981	3215	3449	3684	5469	5703	5937	6171	1636	6546
Mlong Min	SLV4	1216	1450	1685	1919	2339	2573	2807	3042	3462	3696	3930	4164	825	3302
Mtorc Max	SLV5	1921	2155	2390	2624	3326	3561	3795	4029	4732	4966	5200	5435	825	3302
Mtorc Min	SLV4	643	1424	2205	2986	1865	2645	3426	4207	3086	3867	4648	5429	1253	5010

SLU	3454	3405	4921	4998	964
SLV	2155	2416	3561	3795	1636

LINEA PESCARA – BARI

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

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	138

Azioni		Ripartizione degli sforzi normali sui pali della palificata												Hmax, singolo palo	Mmax, 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]	[kNm]
		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	1861	1913	1966	2018	3427	3480	3533	3585	4994	5047	5099	5152	603	2410
Nvert Min	RA12	2408	2375	2343	2310	3216	3183	3151	3118	4023	3991	3958	3926	473	1893
Vtrasv Max	RA3	1858	1909	1959	2010	3415	3465	3516	3566	4971	5022	5072	5123	608	2432
Vtrasv Min	RA12	2408	2375	2343	2310	3216	3183	3151	3118	4023	3991	3958	3926	473	1893
Mtrasv Max	RA1	2408	2375	2343	2310	3216	3183	3151	3118	4023	3991	3958	3926	473	1893
Mtrasv Min	RA12	1913	2002	2091	2180	3214	3304	3393	3482	4516	4605	4694	4783	582	2330
Vlong Max	RA7	1777	1861	1946	2031	3217	3302	3386	3471	4657	4742	4827	4911	648	2592
Vlong Min	RA12	2408	2375	2343	2310	3216	3183	3151	3118	4023	3991	3958	3926	473	1893
Mlong Max	RA12	1861	1913	1966	2018	3427	3480	3533	3585	4994	5047	5099	5152	603	2410
Mlong Min	RA6	2408	2375	2343	2310	3216	3183	3151	3118	4023	3991	3958	3926	473	1893
Mtorc Max	RA7	1777	1861	1946	2031	3217	3302	3386	3471	4657	4742	4827	4911	648	2592
Mtorc Min	RA10	1961	2014	2066	2119	3427	3480	3533	3585	4894	4946	4999	5052	557	2228
Nvert Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Nvert Min	QP12	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527
Vtrasv Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Vtrasv Min	QP12	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527
Mtrasv Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Mtrasv Min	QP12	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527
Vlong Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Vlong Min	QP12	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527
Mlong Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Mlong Min	QP12	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527
Mtorc Max	QP1	2426	2426	2426	2426	3184	3184	3184	3184	3942	3942	3942	3942	411	1643
Mtorc Min	QP12	2490	2490	2490	2490	3184	3184	3184	3184	3878	3878	3878	3878	382	1527

SLE RA	2375	2343	3480	3533	648
SLE QP	2490	2490	3184	3184	411

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	139

11.7.1 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 interni 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). In analogia all'analisi che si svolge per i pali interni, si considera uno schema di trave a mensola incastrata applicato al caso del palo più sollecitato d'angolo. La mensola è sollecitata da una azione verticale N_{Ed} e da una orizzontale H_{Ed} applicate ad una distanza x dall'incastro, e stabilizzate dall'azione distribuita del peso proprio strutturale PP e del peso del terreno PT di rinterro a valle del plinto (valutati a favore di sicurezza con coefficiente 1.35 e 1.50).

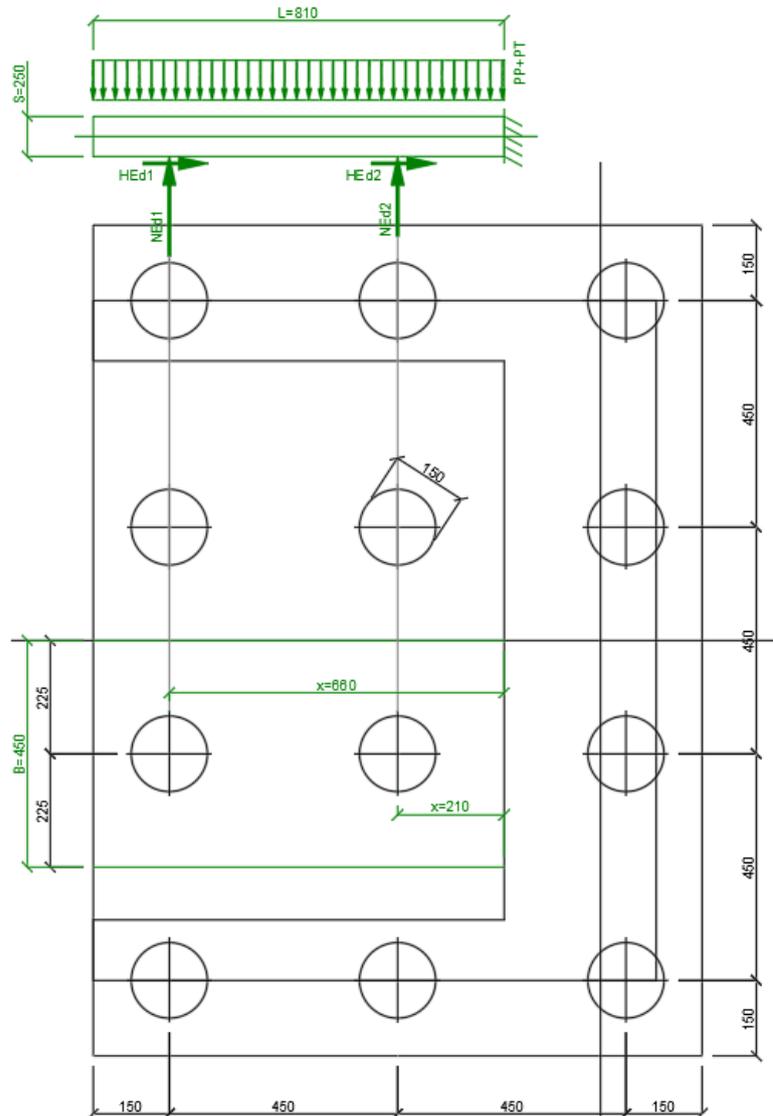
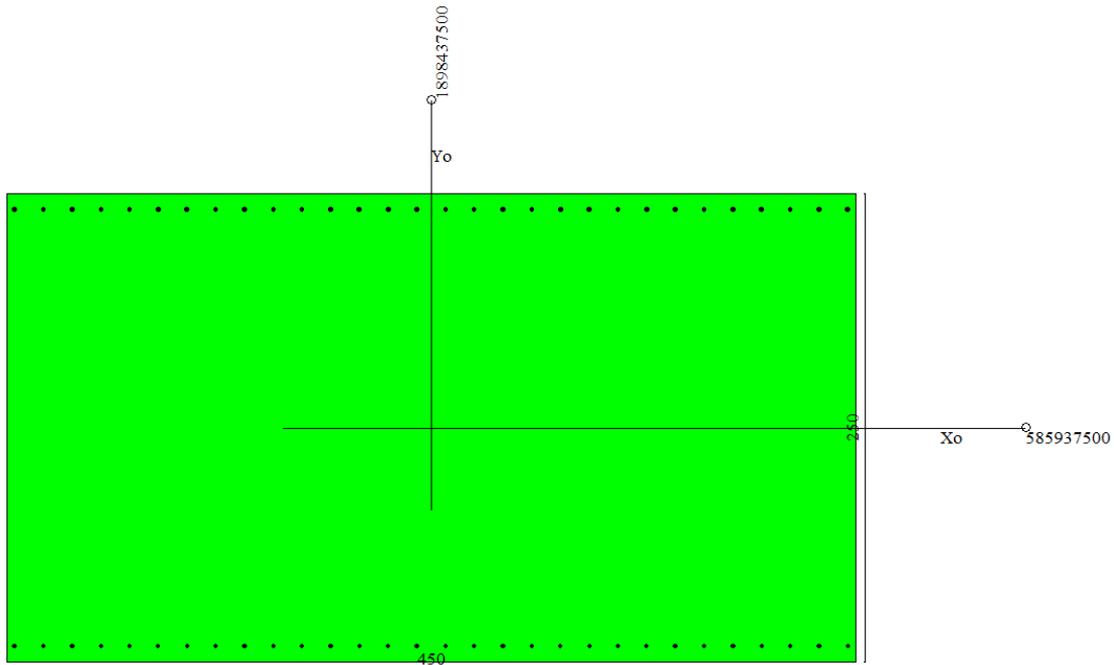


Figura 36 – Schema delle verifiche a flessione del plinto per i pali interni ed esterni più caricati

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	140

NOME: PALO 2-6, 3-7			CALCOLO MOMENTI PLINTO			
HT (m)	B (m)	S (m)	PP (kN/m)	PT (kN/m)	L (m)	
6,82	4,50	2,50	281,3	613,8	8,10	
	x (m)		SLU	SLV	SLE RA	SLE QP
Palo 2	6,60	N _{Ed1} (kN)	3453,832	2155,485	2375,47	2490,484
Palo 6	2,10	N _{Ed2} (kN)	4920,582	3560,77	3480,023	3184,079
		H _{Ed1} =H _{Ed2} (kN)	963,7521	1636,402	647,9615	410,8587
		M _{Ed} (kNm)	-8326	-5613	-5566	-5725
	x (m)		SLU	SLV	SLE RA	SLE QP
Palo 3	6,60	N _{Ed1} (kN)	3405,085	2416,314	2342,972	2490,484
Palo 7	2,10	N _{Ed2} (kN)	4998,242	3795,05	3532,553	3184,079
		H _{Ed1} =H _{Ed2} (kN)	964	1636	648	411
		M _{Ed} (kNm)	-8485	-3399	-5670	-5725



Dati

Nome sezione:

SPALLA S1

Tipo sezione

Rettagonolare

Base

450,0 [cm]

Altezza

250,0 [cm]

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	141

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	445,70	241,40	26	5,31
2	430,48	241,40	26	5,31
3	415,26	241,40	26	5,31
4	400,04	241,40	26	5,31
5	384,82	241,40	26	5,31
6	369,60	241,40	26	5,31
7	354,38	241,40	26	5,31
8	339,16	241,40	26	5,31
9	323,93	241,40	26	5,31
10	308,71	241,40	26	5,31
11	293,49	241,40	26	5,31
12	278,27	241,40	26	5,31
13	263,05	241,40	26	5,31
14	247,83	241,40	26	5,31
15	232,61	241,40	26	5,31
16	217,39	241,40	26	5,31
17	202,17	241,40	26	5,31
18	186,95	241,40	26	5,31
19	171,73	241,40	26	5,31
20	156,51	241,40	26	5,31
21	141,29	241,40	26	5,31
22	126,07	241,40	26	5,31
23	110,84	241,40	26	5,31
24	95,62	241,40	26	5,31
25	80,40	241,40	26	5,31
26	65,18	241,40	26	5,31
27	49,96	241,40	26	5,31
28	34,74	241,40	26	5,31
29	19,52	241,40	26	5,31
30	4,30	241,40	26	5,31
31	4,20	8,40	24	4,52
32	19,43	8,40	24	4,52
33	34,66	8,40	24	4,52
34	49,88	8,40	24	4,52
35	65,11	8,40	24	4,52
36	80,34	8,40	24	4,52
37	95,57	8,40	24	4,52
38	110,79	8,40	24	4,52
39	126,02	8,40	24	4,52
40	141,25	8,40	24	4,52
41	156,48	8,40	24	4,52

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	142

42	171,70	8,40	24	4,52
43	186,93	8,40	24	4,52
44	202,16	8,40	24	4,52
45	217,39	8,40	24	4,52
46	232,61	8,40	24	4,52
47	247,84	8,40	24	4,52
48	263,07	8,40	24	4,52
49	278,30	8,40	24	4,52
50	293,52	8,40	24	4,52
51	308,75	8,40	24	4,52
52	323,98	8,40	24	4,52
53	339,21	8,40	24	4,52
54	354,43	8,40	24	4,52
55	369,66	8,40	24	4,52
56	384,89	8,40	24	4,52
57	400,12	8,40	24	4,52
58	415,34	8,40	24	4,52
59	430,57	8,40	24	4,52
60	445,80	8,40	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		

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, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	0,0000	-8326,0100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	-8484,6500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	0,0000	-5612,7900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	0,0000	-3399,3400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	0,0000	-5566,0200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	0,0000	-5670,1900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	0,0000	-5724,7800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
8	0,0000	-5724,7800	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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	143

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	42,47	0,00	(450,00; 42,47)	(0,00; 42,47)
6	42,47	0,00	(450,00; 42,47)	(0,00; 42,47)
7	42,47	0,00	(450,00; 42,47)	(0,00; 42,47)
8	42,47	0,00	(450,00; 42,47)	(0,00; 42,47)

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	2,181	0,000	0,000	26,244	-153,213
6	2,222	0,000	0,000	26,735	-156,080
7	2,243	0,000	0,000	26,992	-157,583
8	2,243	0,000	0,000	26,992	-157,583

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	-14594,5525	1,75

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	-14594,5524	1,72

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	-14594,5525	2,60

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
0,0000	0,0000	-14594,5525	4,29

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	144

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	-9367,6654	-257,859	-17,934	12645,00	0,0000	0	0,0000
6	0,0000	-9367,6654	-257,859	-17,934	12645,00	0,0000	0	0,0000
7	0,0000	-9367,6654	-257,859	-17,934	12645,00	0,0000	0	0,0000
8	0,0000	-9367,6654	-257,859	-17,934	12645,00	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 - SPALLA S1

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	2,243	9,960	-10,960	2,558	-157,583	26,992	450,000	7
SLER	2,222	13,695	-10,855	2,558	-156,080	26,735	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 - SPALLA S1

TC	sf	sc	A _{eff}	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-257,859	-17,934	1240,071	0,0000	0,000	0,000	0,300	7
SLER	-257,859	-17,934	1240,071	0,0000	0,000	0,000	0,300	5

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	145

11.7.2 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 $V_{Ed} = 4998.2$ kN, vedi schemi di calcolo seguenti.

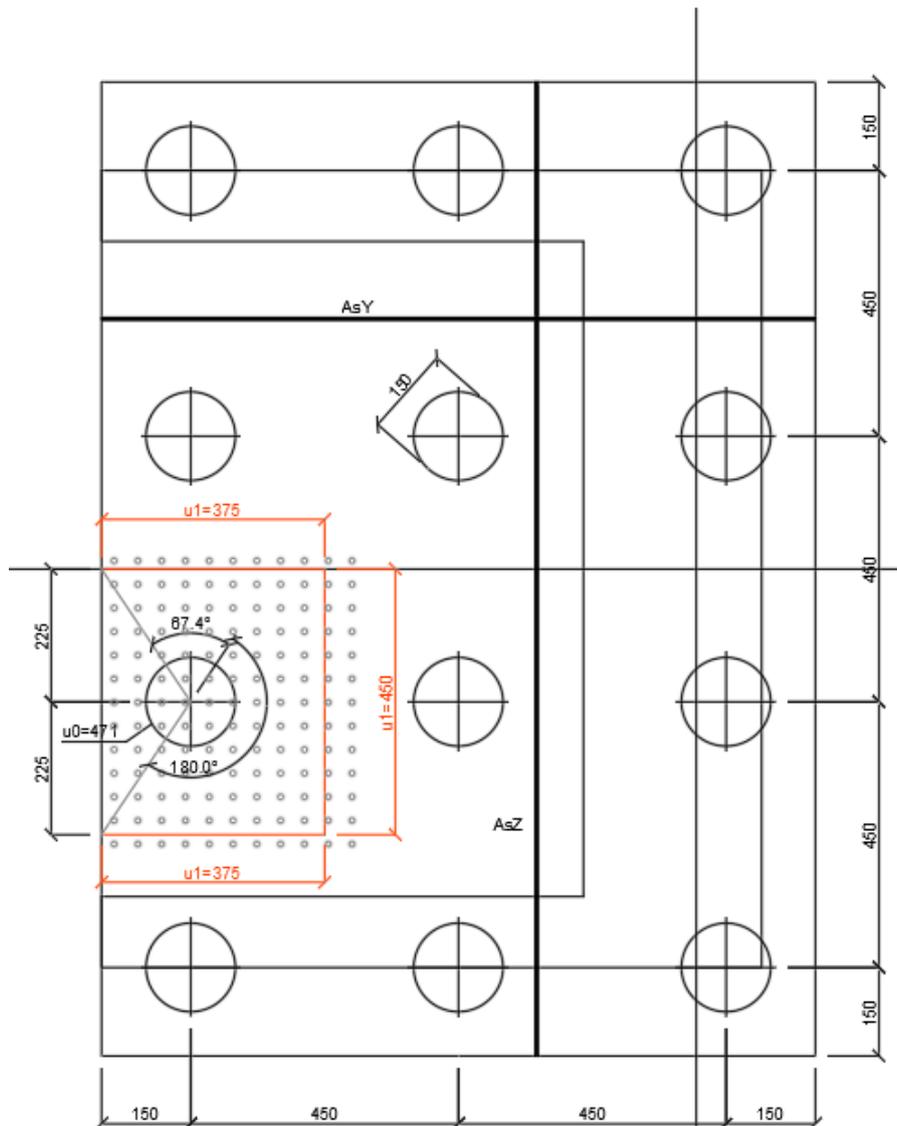


Figura 37 – Schema delle verifiche a taglio-punzonamento per il palo più caricato

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	146

NOME: SPALLA SP1		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	31,84	0,13%	0,0	0,00	4998,2	1,40	24,90	14,11	1,50		
direzione Z	2,39	2,39	31,84	0,13%	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	0,62	3,81	16,2% 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	0,13%	0,26	0,00	0,24	0,60	40,2% VERIFICA OK			
A	Perimetro di verifica più esterno che richiede armatura a taglio										u ₁ (m)	r _{u1} (m)	
B	Primo perimetro di verifica entro il quale non è richiesta armatura a taglio										u _{out,ef} (m)	r _{min} (m)	
											da bordo pilastro a 0,85d	12,00	2,78
											oltre 0,15d da bordo pilastro	4,83	1,12
(*) Staffe / Pfoi: 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.

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									
		VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 11 04			PROGR 001

11.8 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.

11.8.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di $\Phi 16/10$ e nel lato compresso di $\Phi 14/20$ come rappresentato nella figura seguente per un totale di 15 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.

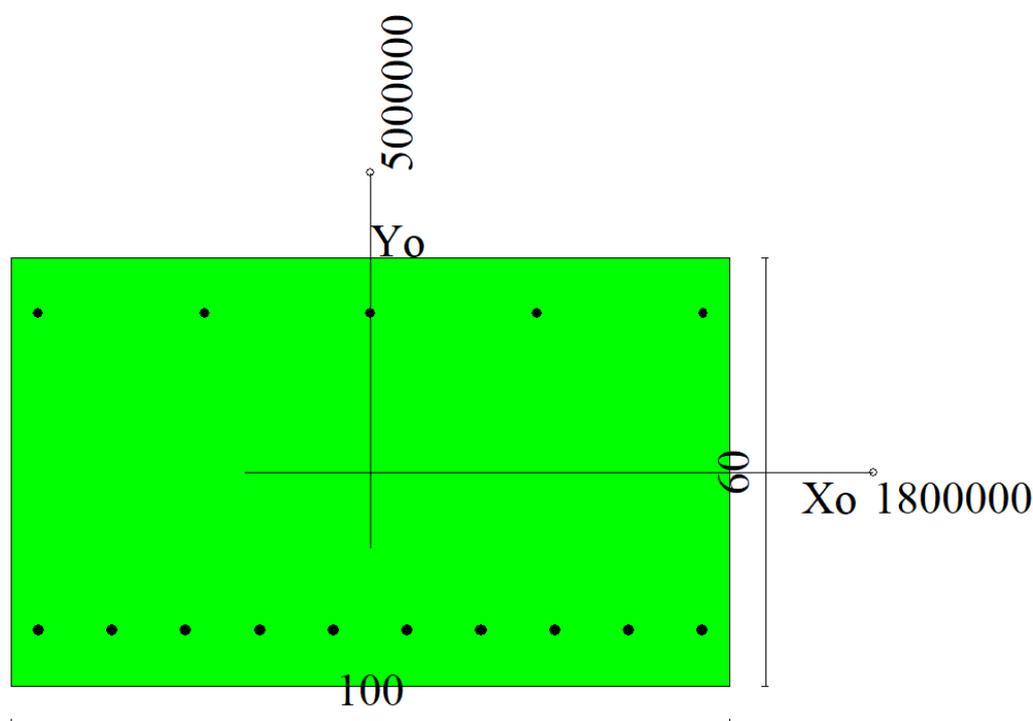


Figura 38 – Sezione trasversale muro paraghiaia e relativa armatura

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 [cm⁴]
Inerzia in direzione Y: 1800000,0 [cm⁴]
Inerzia in direzione XY: 0,0 [cm⁴]
Ascissa baricentro sezione: $X_G = 50,00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione: $Y_G = 30,00$ [cm]

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	148

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	3,80	7,80	16	2,01
2	14,07	7,80	16	2,01
3	24,33	7,80	16	2,01
4	34,60	7,80	16	2,01
5	44,87	7,80	16	2,01
6	55,13	7,80	16	2,01
7	65,40	7,80	16	2,01
8	75,67	7,80	16	2,01
9	85,93	7,80	16	2,01
10	96,20	7,80	16	2,01
11	96,30	52,30	14	1,54
12	73,15	52,30	14	1,54
13	50,00	52,30	14	1,54
14	26,85	52,30	14	1,54
15	3,70	52,30	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	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, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	62,7800	234,6100	0,0000	0,0000	0,0000	169,8300	SI	NO
2	46,5000	150,4400	0,0000	0,0000	0,0000	97,0600	SI	NO
3	62,7800	234,6100	0,0000	0,0000	0,0000	169,8300	SI	NO
4	46,5000	84,1700	0,0000	0,0000	0,0000	72,7700	SI	NO
5	53,0400	74,2000	0,0000	0,0000	0,0000	60,1800	SI	NO

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	149

6	39,9600	74,2000	0,0000	0,0000	0,0000	60,1800	SI	NO
7	48,4600	116,4000	0,0000	0,0000	0,0000	87,4100	SI	NO
8	39,9600	74,2000	0,0000	0,0000	0,0000	60,1800	SI	NO
9	46,5000	159,8600	0,0000	0,0000	0,0000	115,4500	NO	SLER
10	46,5000	56,1100	0,0000	0,0000	0,0000	48,5100	NO	SLER
11	46,5000	159,8600	0,0000	0,0000	0,0000	115,4500	NO	SLER
12	46,5000	56,1100	0,0000	0,0000	0,0000	48,5100	NO	SLER
13	46,5000	56,1100	0,0000	0,0000	0,0000	48,5100	NO	SLEQP
14	46,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
15	46,5000	56,1100	0,0000	0,0000	0,0000	48,5100	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	15,39	0,00	(0,00; 44,61)	(100,00; 44,61)
10	17,09	0,00	(0,00; 42,91)	(100,00; 42,91)
11	15,39	0,00	(0,00; 44,61)	(100,00; 44,61)
12	17,09	0,00	(0,00; 42,91)	(100,00; 42,91)
13	17,09	0,00	(0,00; 42,91)	(100,00; 42,91)
14	516,82	0,00	(0,00; -456,82)	(100,00; -456,82)
15	17,09	0,00	(0,00; 42,91)	(100,00; 42,91)
16	516,82	0,00	(0,00; -456,82)	(100,00; -456,82)

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	4,387	0,000	0,000	32,886	-157,383
10	1,561	0,000	0,000	12,865	-48,134
11	4,387	0,000	0,000	32,886	-157,383
12	1,561	0,000	0,000	12,865	-48,134
13	1,561	0,000	0,000	12,865	-48,134
14	0,077	0,000	0,000	1,138	1,039
15	1,561	0,000	0,000	12,865	-48,134
16	0,077	0,000	0,000	1,138	1,039

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

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	150

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
112,0500	0,0000	418,7329	1,78
<u>10846,4332</u>	0,0000	234,6100	172,77
62,7800	0,0000	<u>406,4890</u>	1,73

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
130,8666	0,0000	423,3886	2,81
<u>11240,3692</u>	0,0000	150,4400	241,73
46,5000	0,0000	<u>402,4266</u>	2,67

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
112,0500	0,0000	418,7329	1,78
<u>10846,4332</u>	0,0000	234,6100	172,77
62,7800	0,0000	<u>406,4890</u>	1,73

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
250,0419	0,0000	452,6027	5,38
<u>11543,9062</u>	0,0000	84,1700	248,26
46,5000	0,0000	<u>402,4266</u>	4,78

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
338,8642	0,0000	474,0521	6,39
<u>11588,9996</u>	0,0000	74,2000	218,50
53,0400	0,0000	<u>404,0595</u>	5,45

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
242,7978	0,0000	450,8408	6,08
<u>11588,9965</u>	0,0000	74,2000	290,01
39,9600	0,0000	<u>400,7924</u>	5,40

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
181,4534	0,0000	435,8477	3,74
<u>11397,0824</u>	0,0000	116,4000	235,19
48,4600	0,0000	<u>402,9161</u>	3,46

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
242,7978	0,0000	450,8408	6,08
<u>11588,9965</u>	0,0000	74,2000	290,01
39,9600	0,0000	<u>400,7924</u>	5,40

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]

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	151

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	154,0838	-151,294	-12,226	1980,00	0,0403	220	0,1509
10	0,0000	154,0833	-151,294	-12,226	1980,00	0,0000	0	0,0000
11	0,0000	154,0838	-151,294	-12,226	1980,00	0,0403	220	0,1509
12	0,0000	154,0833	-151,294	-12,226	1980,00	0,0000	0	0,0000
13	0,0000	154,0833	-151,294	-12,226	1980,00	0,0000	0	0,0000
14	0,0000	0,0000	1,039	0,068	0,00	0,0000	0	0,0000
15	0,0000	154,0833	-151,294	-12,226	1980,00	0,0000	0	0,0000
16	0,0000	0,0000	1,039	0,068	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	1,561	14,940	-3,922	3,099	-48,134	12,865	450,000	13
SLER	4,387	18,260	-12,716	3,099	-157,383	32,886	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]
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 MURO PARAGHIAIA

TC	sf	sc	Aeff	Eps	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-151,294	-12,226	194,175	0,0000	0,000	0,000	0,200	13
SLER	-151,294	-12,226	194,175	0,0403	220,115	0,151	0,200	9

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

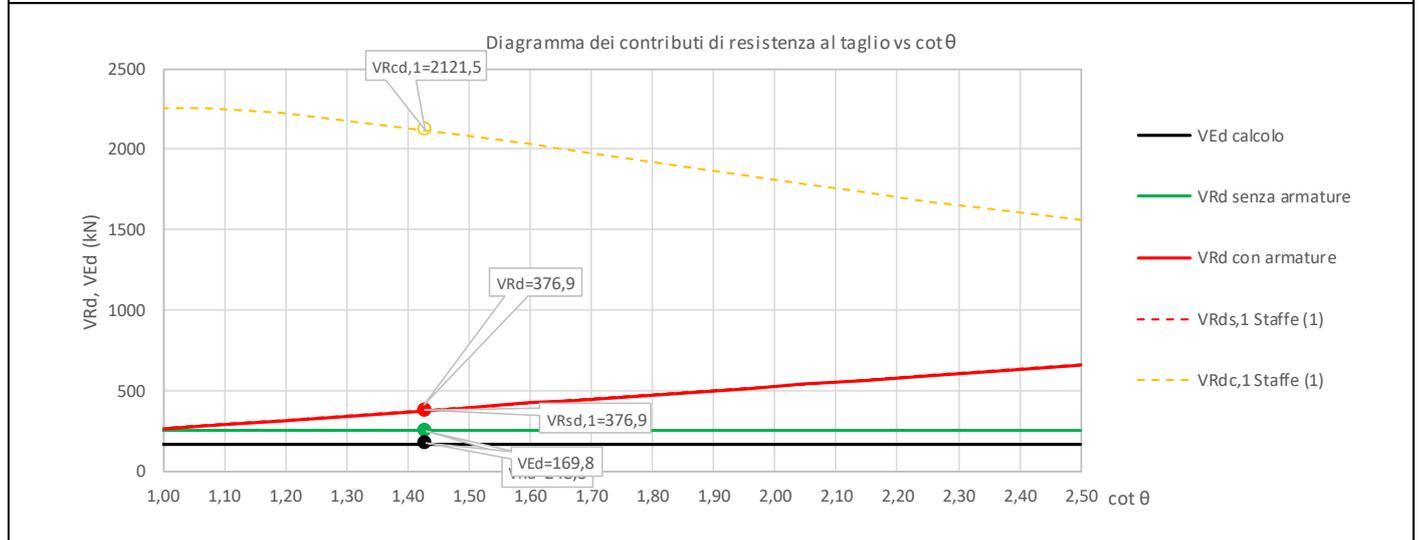
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	152

11.8.2 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		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	169,8	234,6	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	$A_{sl,\emptyset}$	A_{sl}					
	(MPa)		(mm)	(cm ²)	(cm ²)					
Barre B450C	391,3	10	16	2,01	20,11					
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)		
	20,11	0,15	1,61	0,38%	0,41	0,12	1,01	248,3	68,4%	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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	153

11.9 VERIFICHE MURO D'ALA

11.9.1 Verifica sezione superiore muro d'ala

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni alla quota del ringrosso della sezione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

11.9.1.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di $\Phi 20/10$ e nel lato compresso di $\Phi 16/10$ come rappresentato nella figura seguente per un totale di 20 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.

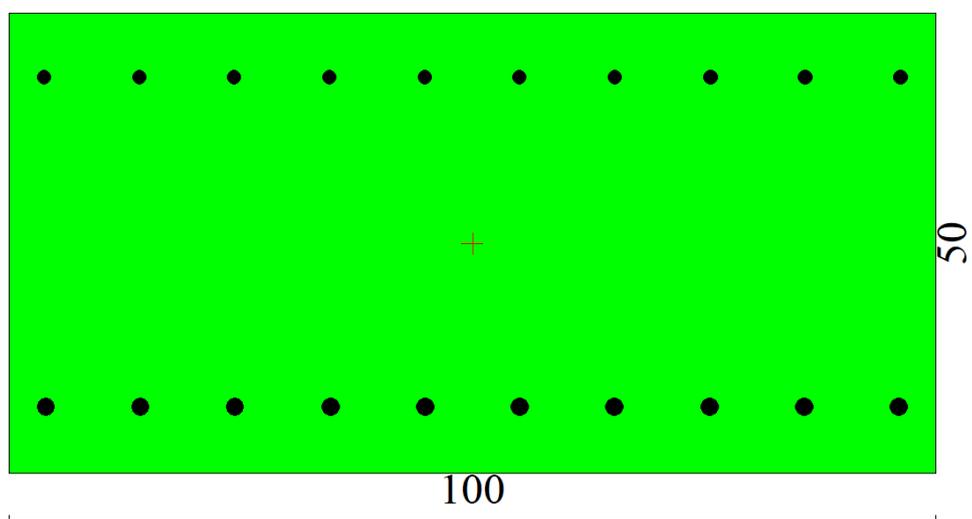


Figura 39 – Sezione trasversale muro d'ala e relativa armatura

Dati

Nome sezione: SEZIONE SUP MURO D'ALA SP1

Tipo sezione: Rettangolare
 Base: 100,0 [cm]
 Altezza: 50,0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione: 5000,00 [cmq]
 Inerzia in direzione X: 4166666,7 [cm⁴]
 Inerzia in direzione Y: 1041666,7 [cm⁴]
 Inerzia in direzione XY: 0,0 [cm⁴]
 Ascissa baricentro sezione: $X_G = 50,00$ [cm]
 Ordinata baricentro sezione: $Y_G = 25,00$ [cm]

Elenco ferri

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	154

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	7,20	20	3,14
2	14,22	7,20	20	3,14
3	24,44	7,20	20	3,14
4	34,67	7,20	20	3,14
5	44,89	7,20	20	3,14
6	55,11	7,20	20	3,14
7	65,33	7,20	20	3,14
8	75,56	7,20	20	3,14
9	85,78	7,20	20	3,14
10	96,00	7,20	20	3,14
11	96,20	43,00	16	2,01
12	85,93	43,00	16	2,01
13	75,67	43,00	16	2,01
14	65,40	43,00	16	2,01
15	55,13	43,00	16	2,01
16	44,87	43,00	16	2,01
17	34,60	43,00	16	2,01
18	24,33	43,00	16	2,01
19	14,07	43,00	16	2,01
20	3,80	43,00	16	2,01

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	205942,924	[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]
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	90,1100	111,6800	0,0000	0,0000	0,0000	116,0200	SI	NO
2	90,1100	163,8000	0,0000	0,0000	0,0000	124,9800	SI	NO
3	90,1100	111,6800	0,0000	0,0000	0,0000	116,0200	SI	NO

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	155

4	90,1100	215,9200	0,0000	0,0000	0,0000	133,9300	SI	NO
5	70,7900	15,8400	0,0000	0,0000	0,0000	37,2900	SI	NO
6	58,2600	73,3300	0,0000	0,0000	0,0000	47,2400	SI	NO
7	62,6500	24,9400	0,0000	0,0000	0,0000	8,1200	SI	NO
8	66,4000	148,8400	0,0000	0,0000	0,0000	101,4100	SI	NO
9	64,5300	43,2700	0,0000	0,0000	0,0000	68,4400	NO	SLER
10	64,5300	159,0800	0,0000	0,0000	0,0000	88,3400	NO	SLER
11	64,5300	43,2700	0,0000	0,0000	0,0000	68,4400	NO	SLER
12	64,5300	159,0800	0,0000	0,0000	0,0000	88,3400	NO	SLER
13	64,5300	33,0000	0,0000	0,0000	0,0000	49,7900	NO	SLEQP
14	64,5300	90,9000	0,0000	0,0000	0,0000	59,7400	NO	SLEQP
15	64,5300	33,0000	0,0000	0,0000	0,0000	49,7900	NO	SLEQP
16	64,5300	90,9000	0,0000	0,0000	0,0000	59,7400	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	18,34	0,00	(0,00; 31,66)	(100,00; 31,66)
10	15,67	0,00	(0,00; 34,33)	(100,00; 34,33)
11	18,34	0,00	(0,00; 31,66)	(100,00; 31,66)
12	15,67	0,00	(0,00; 34,33)	(100,00; 34,33)
13	19,60	0,00	(0,00; 30,40)	(100,00; 30,40)
14	16,38	0,00	(0,00; 33,62)	(100,00; 33,62)
15	19,60	0,00	(0,00; 30,40)	(100,00; 30,40)
16	16,38	0,00	(0,00; 33,62)	(100,00; 33,62)

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	1,358	0,000	0,000	12,596	-27,164
10	4,817	0,000	0,000	39,971	-125,151
11	1,358	0,000	0,000	12,596	-27,164
12	4,817	0,000	0,000	39,971	-125,151
13	1,047	0,000	0,000	10,098	-18,588
14	2,785	0,000	0,000	23,922	-67,372
15	1,047	0,000	0,000	10,098	-18,588
16	2,785	0,000	0,000	23,922	-67,372

Sollecitazioni ultime

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	156

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>456.6751</u>	0,0000	<u>565.9913</u>	5,07
<u>10408.7226</u>	0,0000	111,6800	115,51
90,1100	0,0000	<u>499.1963</u>	4,47

Combinazione n° 2

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>295.3756</u>	0,0000	<u>536.9273</u>	3,28
<u>10117.3957</u>	0,0000	163,8000	112,28
90,1100	0,0000	<u>499.1963</u>	3,05

Combinazione n° 3

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>456.6751</u>	0,0000	<u>565.9913</u>	5,07
<u>10408.7226</u>	0,0000	111,6800	115,51
90,1100	0,0000	<u>499.1963</u>	4,47

Combinazione n° 4

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>218.1971</u>	0,0000	<u>522.8402</u>	2,42
<u>9821.7331</u>	0,0000	215,9200	109,00
90,1100	0,0000	<u>499.1963</u>	2,31

Combinazione n° 5

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>4063.5511</u>	0,0000	<u>909.2619</u>	57,40
<u>10931.7980</u>	0,0000	15,8400	154,43
70,7900	0,0000	<u>495.6009</u>	31,29

Combinazione n° 6

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>448.5164</u>	0,0000	<u>564.5333</u>	7,70
<u>10620.0690</u>	0,0000	73,3300	182,29
58,2600	0,0000	<u>493.2650</u>	6,73

Combinazione n° 7

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>2042.3005</u>	0,0000	<u>813.0084</u>	32,60
<u>10882.8676</u>	0,0000	24,9400	173,71
62,6500	0,0000	<u>494.0838</u>	19,81

Combinazione n° 8

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>234.5867</u>	0,0000	<u>525.8417</u>	3,53
<u>10201.4797</u>	0,0000	148,8400	153,64
66,4000	0,0000	<u>494.7829</u>	3,32

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	157

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 _t	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 _t	σ _c	A _{eff}	ε	S _{rm}	w
9	0,0000	120,6489	-92,572	-7,827	1701,67	0,0000	0	0,0000
10	0,0000	120,6538	-92,576	-7,828	1701,68	0,0441	182	0,1364
11	0,0000	120,6489	-92,572	-7,827	1701,67	0,0000	0	0,0000
12	0,0000	120,6538	-92,576	-7,828	1701,68	0,0441	182	0,1364
13	0,0000	120,6563	-92,578	-7,828	1701,68	0,0000	0	0,0000
14	0,0000	120,6555	-92,578	-7,828	1701,68	0,0000	0	0,0000
15	0,0000	120,6563	-92,578	-7,828	1701,68	0,0000	0	0,0000
16	0,0000	120,6555	-92,578	-7,828	1701,68	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 - SEZIONE SUP MURO D'ALA SP1

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	2,785	14,940	-5,716	3,099	-67,372	23,922	450,000	14
SLER	4,817	18,260	-10,557	3,099	-125,151	39,971	337,500	10

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° 2 - SEZIONE SUP MURO D'ALA SP1

TC	sf	sc	A _{eff}	Eps	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-92,578	-7,828	166,880	0,0000	0,000	0,000	0,200	13
SLER	-92,576	-7,828	166,880	0,0441	181,810	0,136	0,200	10

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	158

11.9.1.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni a quota spiccato muro d'ala (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: SEZ SUP		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	0,44	45,00	1,00	-90,1	133,9	215,9	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	20	3,14	31,42					
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)		
	31,42	0,15	1,67	0,71%	0,44	0,20	1,01	267,4	50,1% 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								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	159

11.9.2 Verifica sezione base muro d'ala

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.

11.9.2.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di $\Phi 30/10$ e nel lato compresso di $\Phi 22/20$ come rappresentato nella figura seguente per un totale di 15 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.

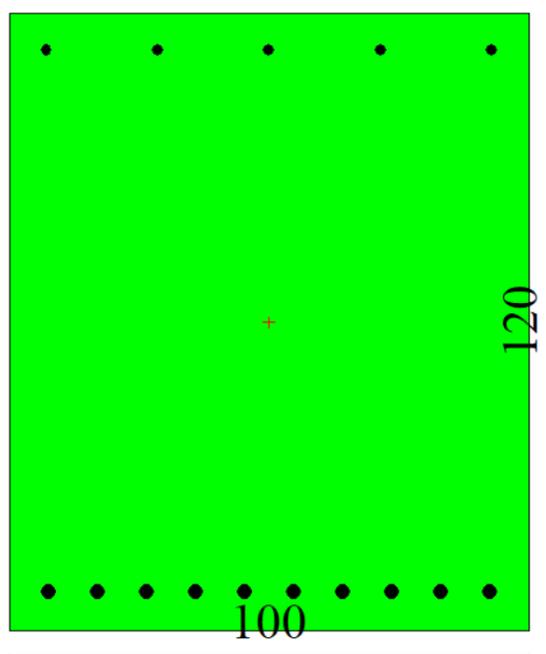


Figura 40 – Sezione trasversale muro d'ala e relativa armatura

Dati

Nome sezione: SEZIONE BASE MURO D'ALA SP1

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]

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	160

Ordinata baricentro sezione

$Y_G = 60,00$ [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 [cm ²]

N°	X	Y	d	ω
1	92,90	112,90	22	3,80
2	71,45	112,90	22	3,80
3	50,00	112,90	22	3,80
4	28,55	112,90	22	3,80
5	7,10	112,90	22	3,80
6	7,50	7,50	30	7,07
7	16,94	7,50	30	7,07
8	26,39	7,50	30	7,07
9	35,83	7,50	30	7,07
10	45,28	7,50	30	7,07
11	54,72	7,50	30	7,07
12	64,17	7,50	30	7,07
13	73,61	7,50	30	7,07
14	83,06	7,50	30	7,07
15	92,50	7,50	30	7,07

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	205942,924	[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]
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	231,8600	898,5600	0,0000	0,0000	0,0000	321,2800	SI	NO
2	231,8600	1059,4700	0,0000	0,0000	0,0000	394,3400	SI	NO
3	231,8600	898,5600	0,0000	0,0000	0,0000	321,2800	SI	NO
4	231,8600	1142,9300	0,0000	0,0000	0,0000	403,2900	SI	NO

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	161

5	190,5700	349,4300	0,0000	0,0000	0,0000	154,0400	SI	NO
6	148,4800	438,0900	0,0000	0,0000	0,0000	163,9900	SI	NO
7	163,2100	80,8000	0,0000	0,0000	0,0000	48,5200	SI	NO
8	175,8400	934,7100	0,0000	0,0000	0,0000	359,9500	SI	NO
9	169,5300	580,5400	0,0000	0,0000	0,0000	242,8300	NO	SLER
10	169,5300	766,0100	0,0000	0,0000	0,0000	262,7300	NO	SLER
11	169,5300	580,5400	0,0000	0,0000	0,0000	242,8300	NO	SLER
12	169,5300	770,3000	0,0000	0,0000	0,0000	270,8800	NO	SLER
13	169,5300	461,3900	0,0000	0,0000	0,0000	199,2600	NO	SLEQP
14	169,5300	554,1200	0,0000	0,0000	0,0000	209,2100	NO	SLEQP
15	169,5300	461,3900	0,0000	0,0000	0,0000	199,2600	NO	SLEQP
16	169,5300	554,1200	0,0000	0,0000	0,0000	209,2100	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	42,28	0,00	(0,00; 77,72)	(100,00; 77,72)
10	41,13	0,00	(0,00; 78,87)	(100,00; 78,87)
11	42,28	0,00	(0,00; 77,72)	(100,00; 77,72)
12	41,11	0,00	(0,00; 78,89)	(100,00; 78,89)
13	43,52	0,00	(0,00; 76,48)	(100,00; 76,48)
14	42,51	0,00	(0,00; 77,49)	(100,00; 77,49)
15	43,52	0,00	(0,00; 76,48)	(100,00; 76,48)
16	42,51	0,00	(0,00; 77,49)	(100,00; 77,49)

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	2,873	0,000	0,000	35,861	-71,585
10	3,750	0,000	0,000	46,538	-97,619
11	2,873	0,000	0,000	35,861	-71,585
12	3,770	0,000	0,000	46,785	-98,221
13	2,309	0,000	0,000	28,982	-54,887
14	2,748	0,000	0,000	34,337	-67,880
15	2,309	0,000	0,000	28,982	-54,887
16	2,748	0,000	0,000	34,337	-67,880

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]

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	162

M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
858,6169	0,0000	3327,5200	3,70
<u>22029,7740</u>	0,0000	898,5600	95,01
231,8600	0,0000	<u>3032,4259</u>	3,37

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
713,5160	0,0000	3260,3673	3,08
<u>21668,4545</u>	0,0000	1059,4700	93,45
231,8600	0,0000	<u>3032,4259</u>	2,86

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
858,6169	0,0000	3327,5200	3,70
<u>22029,7740</u>	0,0000	898,5600	95,01
231,8600	0,0000	<u>3032,4259</u>	3,37

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
655,9713	0,0000	3233,5428	2,83
<u>21479,8336</u>	0,0000	1142,9300	92,64
231,8600	0,0000	<u>3032,4259</u>	2,65

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
2101,1347	0,0000	3852,6499	11,03
<u>23237,0993</u>	0,0000	349,4300	121,93
190,5700	0,0000	<u>3012,5214</u>	8,62

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
1176,8863	0,0000	3472,4010	7,93
<u>23045,1061</u>	0,0000	438,0900	155,21
148,4800	0,0000	<u>2992,1713</u>	6,83

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
9977,6737	0,0000	4939,6240	61,13
<u>23811,0234</u>	0,0000	80,8000	145,89
163,2100	0,0000	<u>2999,3000</u>	37,12

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
603,7005	0,0000	3209,0813	3,43
<u>21948,8742</u>	0,0000	934,7100	124,82
175,8400	0,0000	<u>3005,4064</u>	3,22

Risultati fessurazione

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	163

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
9	0,0000	726,8656	-92,122	-6,789	3000,00	0,0000	0	0,0000
10	0,0000	726,8866	-92,125	-6,789	3000,00	0,0263	197	0,0879
11	0,0000	726,8656	-92,122	-6,789	3000,00	0,0000	0	0,0000
12	0,0000	726,8954	-92,126	-6,789	3000,00	0,0267	197	0,0893
13	0,0000	726,8695	-92,122	-6,789	3000,00	0,0000	0	0,0000
14	0,0000	726,8496	-92,120	-6,788	3000,00	0,0000	0	0,0000
15	0,0000	726,8695	-92,122	-6,789	3000,00	0,0000	0	0,0000
16	0,0000	726,8496	-92,120	-6,788	3000,00	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 BASE MURO D'ALA SP1

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	2,748	14,940	-5,010	3,099	-67,880	34,337	450,000	14
SLER	3,770	18,260	-7,236	3,099	-98,221	46,785	337,500	12

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 BASE MURO D'ALA SP1

TC	sf	sc	A _{eff}	Eps	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-92,122	-6,789	294,204	0,0000	0,000	0,000	0,200	13
SLER	-92,126	-6,789	294,204	0,0267	196,551	0,089	0,200	12

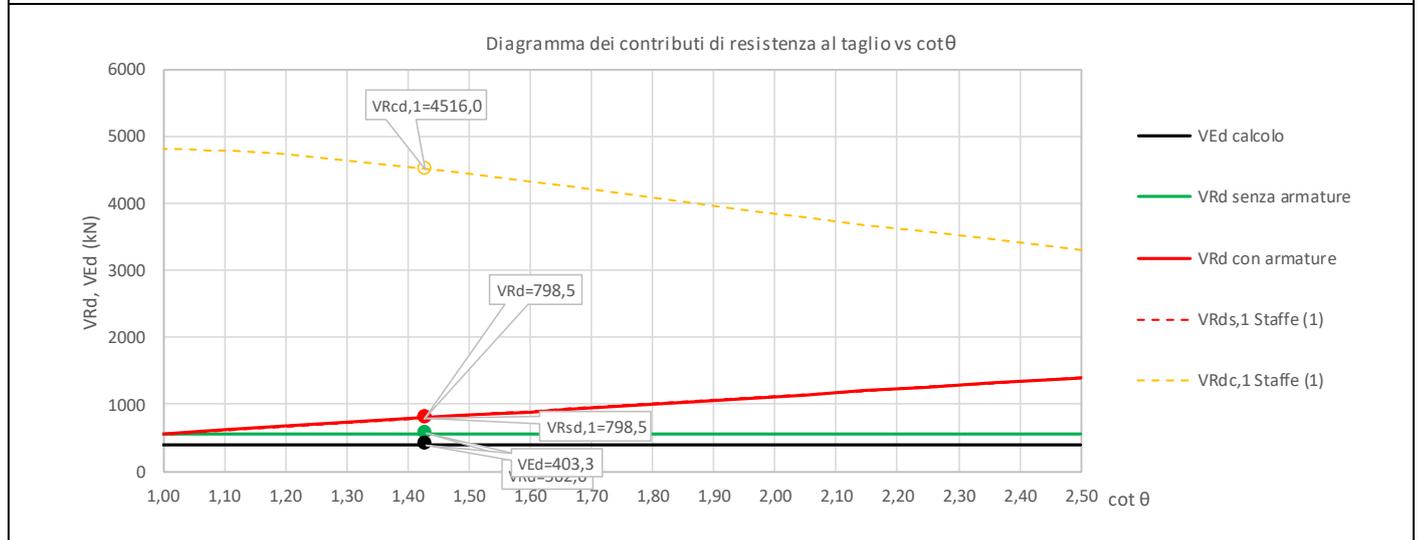
MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 11 04			PROGR 001

11.9.2.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni a quota spiccato muro d'ala (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: SEZ BASE	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	1,12	35,00	1,43	-231,9	403,3	1142,9	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	$A_{sl,\emptyset}$	A_{sl}						
	(MPa)		(mm)	(cm ²)	(cm ²)						
Barre B450C	391,3	10	30	7,07	70,69						
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)			
	70,69	0,15	1,42	0,63%	0,34	0,21	1,01	562,6	71,7%	VERIFICA OK	



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	165

12. VERIFICHE LOCALI

12.1 BAGGIOLI

Si procede alla verifica del baggiolo tipologico di dimensioni 150x180x30 cm, armato in verticale con 1Ø14/10 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).

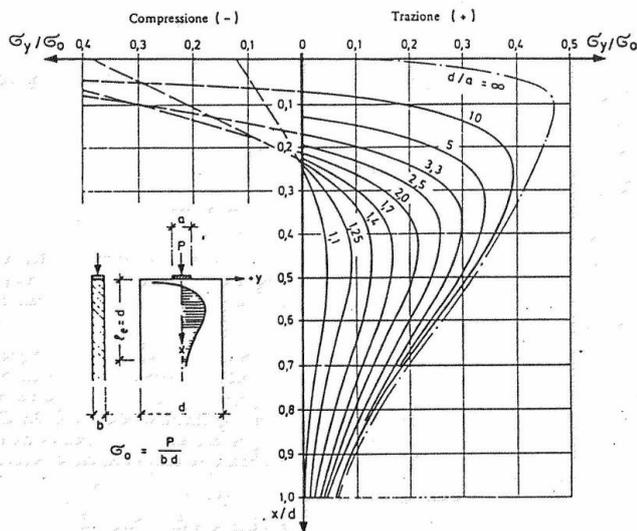


Fig. 3.6: Curve e grandezza delle tensioni trasversali σ_y , riferite a $\sigma_0 = \frac{P}{b \cdot d}$, lungo l'asse x per condizioni diverse d/a (40)

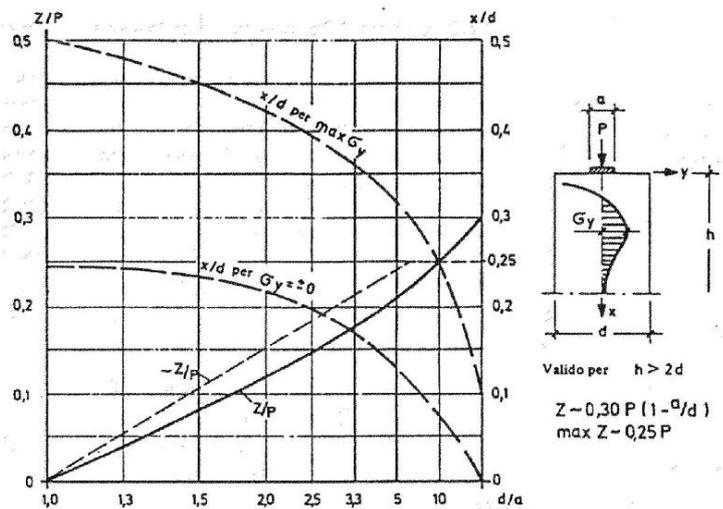


Fig. 3.8: Grandezza della forza di fenditura risultante Z, riferita al carico P, distanza della tensione massima trasversale $\max \sigma_y$ e distanza del punto con $\sigma_y = 0$ dal bordo caricato in lastre con $h > 2d$ (40)

Figura 41 – Grafici da F. Leonhardt, 1973 "Casi speciali di dimensionamento delle strutture in c.a. e c.a.p."

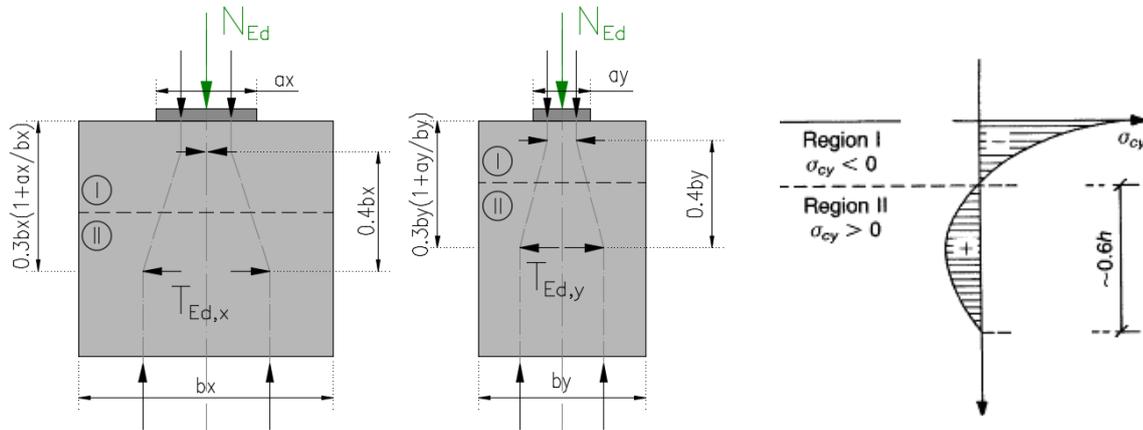
**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	166

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)	4300,0	b_x (m)	1,500	f_{yd} (MPa)	391,3
M_{Ed} (kNm)	215,0	b_y (m)	1,800	f_{ck} (MPa)	33,2
e_{max} (m)	0,050	a_x (m)	0,800	α_{cc}	0,85
		a_y (m)	0,800		

Direz.	Altezza (m)	Posiz. T_{Ed} (m)	Altezza zona (m)		Posizione zona		Posizione zona		b/a'
			Region II	Region I	Region II	Region I			
	(b) $(0,3b(1+a/b))$		(0,6b)	(grafico)	da (m)	a (m)	da (m)	a (m)	
Direz. X	1,50	0,69	0,90	0,22	0,22	1,12	0,00	0,22	2,00
Direz. Y	1,80	0,78	1,08	0,23	0,23	1,31	0,00	0,23	2,40

VERIFICA ARMATURE ORIZZONTALI (Trazione, Region II, MC90 §3.3.1, Leonhart §3.3.1)

Direz. X	A_{sh} (cm ²)	T_{Rd} (kN)	T_{Ed} (kN)	T_{Ed}/T_{Rd}	81,0% VERIFICA OK
Direz. Y	A_{sh} (cm ²)	T_{Rd} (kN)	T_{Ed} (kN)	T_{Ed}/T_{Rd}	94,5% VERIFICA OK

VERIFICA CALCESTRUZZO CONFINATO (Compressione, Region I, MC90 §3.3.1, Leonhart §3.3.1)

Direz. X	A_{sh} (cm ²)	σ_1 (MPa)	α	σ_2 (MPa)	$f_{ck,c}$ (MPa)	$f_{cd,c}$ (MPa)	σ_{Ed} (MPa)	$\sigma_{Ed}/f_{cd,c}$	55,4% VERIFICA OK
Direz. Y	A_{sh} (cm ²)	σ_1 (MPa)	α	σ_2 (MPa)	$f_{ck,c}$ (MPa)	$f_{cd,c}$ (MPa)	σ_{Ed} (MPa)	$\sigma_{Ed}/f_{cd,c}$	53,0% VERIFICA OK

$v = 0,20$ (formule cls confinato da EN 1992-1-1: 2005, NTC2018) (stress compression σ_{Ed} con distribuzione approssimata triangolare)
 C_{Ed} (kN) 860,0 ($C_{Ed} = v \cdot N_{Ed}$)

VERIFICA ARMATURE VERTICALI (Giunto di taglio, MC90 §6.10.2)

$V_{Ed,x}$ (kN)	2000,0	$N_{Ed,min}$ (kN)	1350,0	μ	0,60
$V_{Ed,y}$ (kN)	1900,0	$\sigma_{Ed,min}$ (MPa)	2,40	β_{fctd} (MPa)	0,00
V_{Ed} (kN)	2758,6	$f_{cd,c}$ (MPa)	18,8	A_{sv} (cm ²)	89,24 <-- $(2 \times 14 + 2 \times 17) \cdot \varnothing 14$

$$\tau_{Rd} = \beta f_{ctd} + \mu(\rho f_{yd} + \sigma_{cd}) < 0,25 f_{cd}$$

T_{Rd} (MPa)	2,22	T_{Ed} (MPa)	1,02	T_{Ed}/T_{Rd}	46,1% VERIFICA OK
----------------	------	----------------	------	-----------------	--------------------------

Figura 42 – 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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	167

12.2 DEFORMABILITA' SPALLA

12.2.1 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.”

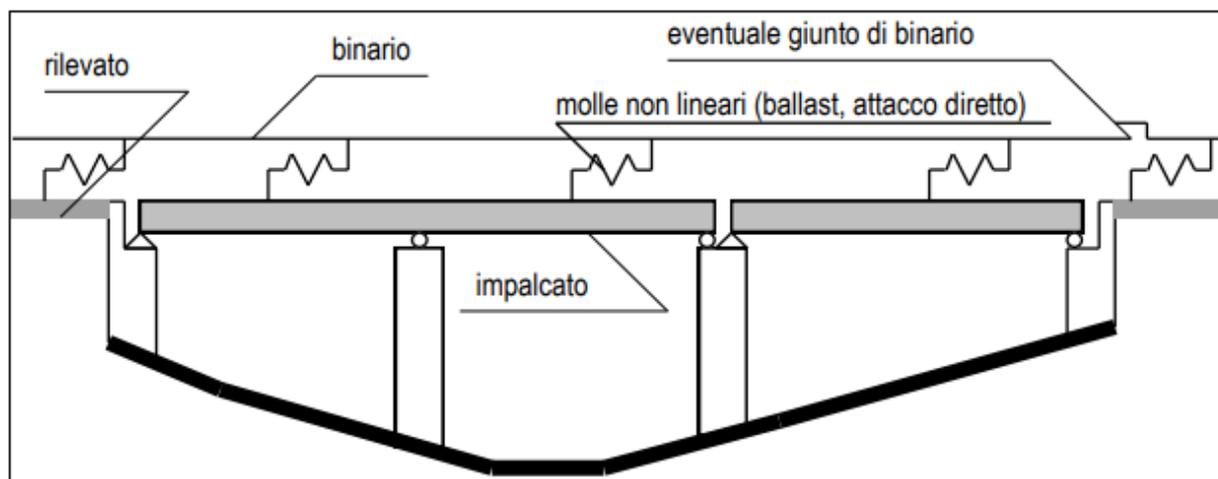


Fig. 2.5.1.4.5.3-1 - Schema di modello strutturale per valutare l'interazione.

Figura 43 – 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 & R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA VI 11 04			PROGR 001

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.”

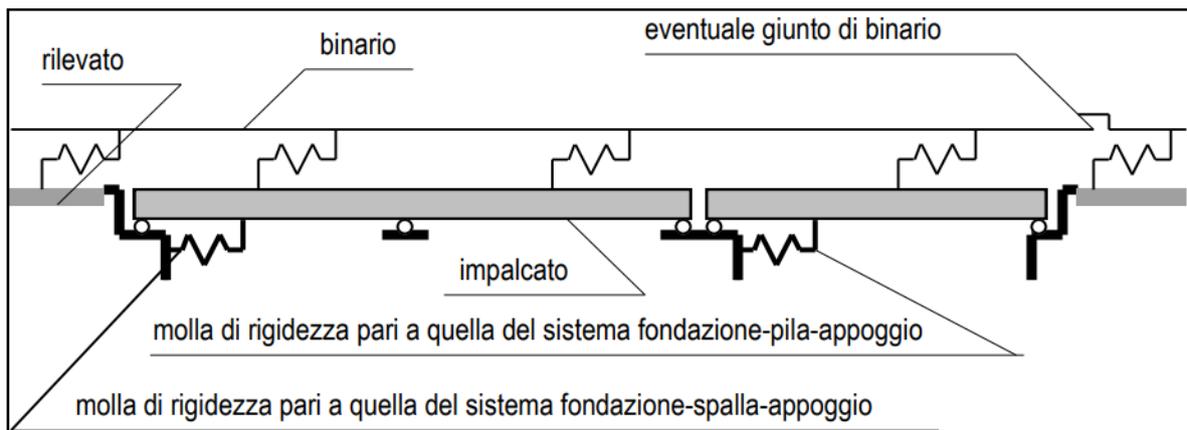


Fig. 2.5.1.4.5.3-3 - Schema di modello strutturale semplificato per valutare l'interazione.

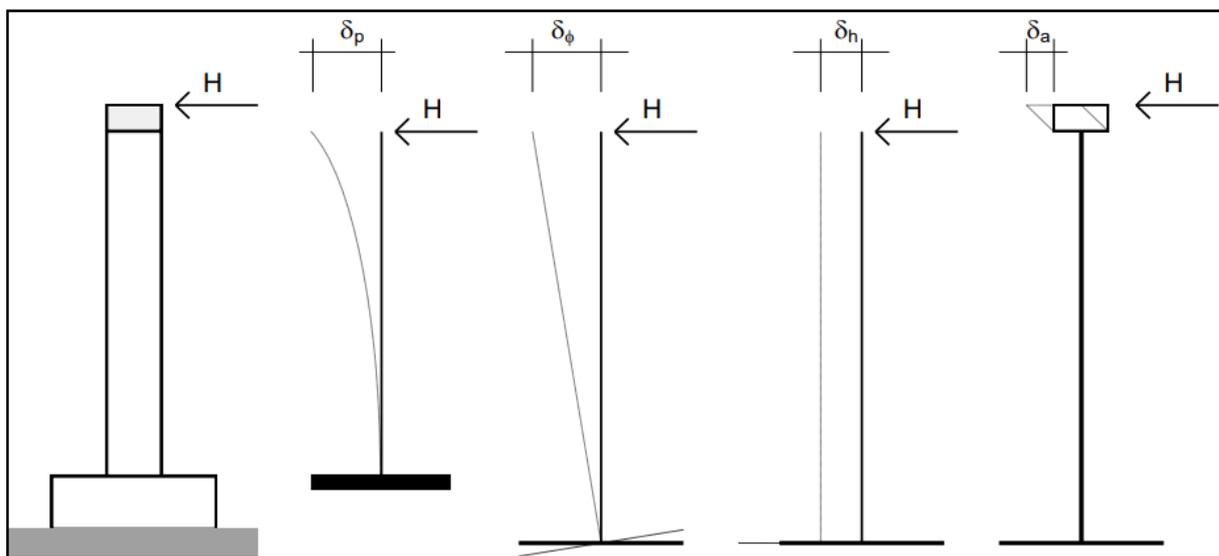


Fig. 2.5.1.4.5.3-4 - Individuazione dei contributi alla deformabilità complessiva del sistema fondazione-pila-appoggio

Figura 44 – 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  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	169

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		
$Q_{3,a}$ (kN)	907,5	$Q_{3,a}$ (kN)	825,0	Forza avviamento caratt. longitudinale		
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)	3,50	Altezza elevazione				
K (kN/m)	70872402	$K=(3 \cdot E \cdot I_L) / H_{elev}^3$				
δ_p (mm)	0,0	Spostamento deformabilità elastica elevazione		(da calcolo fondazioni)		
δ_φ (mm)	0,0	Spostamento deformabilità rotazione fondazione		φ (rad)	0,00001	
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)	2,0	Spostamento totale		<	5.0 mm	OK VERIFICATO

12.2.2 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 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								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	170

12.3 RITEGNI

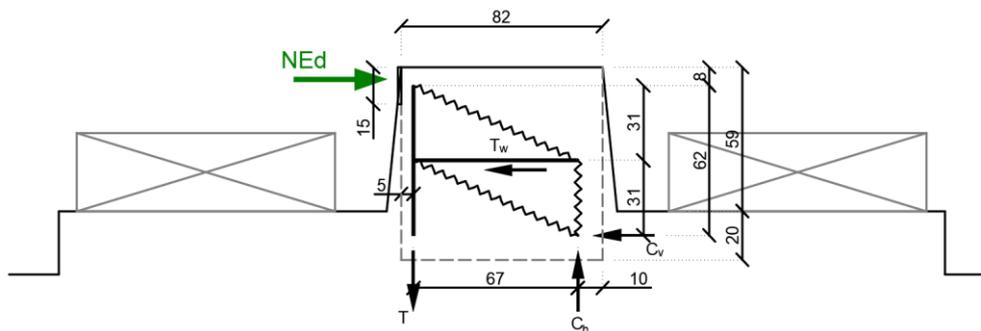
Si verificano i ritegni trasversali e longitudinali alle massime azioni sismiche SLV secondo il modello teorico locale a tirante – puntone, come previsto in ENV 1992 e CEB-FIP Model Code 90.

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.

12.3.1 Campata L=25 m

12.3.1.1 Ritegni trasversali

Si considera l'azione $N_{Ed}=1.10 \cdot 1900 = 2090$ kN, un'armatura al corrente teso verticale di $1\text{Ø}22/10$ e un'armatura distribuita interna di staffe/ganci $1\text{Ø}14/10/20$ ad assorbire le trazioni orizzontali all'interno del ritegno. A favore di sicurezza, si considera un effetto di confinamento delle armature trasversali nullo.



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										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	171

NOME: RITEGNI TRASV. L=25m				VERIFICHE LOCALI METODO STRUT-TIE (ENV 1992, CEB-FIP MC90)				Rev. 09	
GEOMETRIA				MATERIALI				AZIONI	
D ₁ (m)	0,15	B (m)	1,50	f _{yd} (MPa)	391,3	N _{Ed} (kN)	2090,0		
D ₃ (m)	0,20	θ (rad)	0,446 (25,5°)	f _{ck} (MPa)	33,20	V _{Ed} (kN)	0,0		
a (m)	0,64			α _{cc}	0,85				
d (m)	0,67			v	0,87				
VERIFICA ARMATURA									
- Tiranti tesi									
T=T ₃ (kN)	1317,9								
A _s (mm ²)	5699 (1x1Ø22/10)			σ _{Ed} /f _{yd}	59,1%	VERIFICA OK			
σ _s (MPa)	231,25								
T _w =T ₂ (kN)	2090,0								
A _{sw} (mm ²)	7385 (1Ø14/10/20)			σ _{Ed} /f _{yd}	72,3%	VERIFICA OK			
σ _{sw} (MPa)	283,00								
VERIFICA CALCESTRUZZO									
- Armatura di confinamento (NTC2018 §4.1.2.1.2.1)									
A _{sh} (mm ²)	0 (-)	f _{ck,c} (MPa)	33,2						
σ ₁ (MPa)	0,00	f _{cd,c} (MPa)	18,8						
α	1,00	σ _{Rd,max} (MPa)	16,31						
σ ₂ (MPa)	0,00								
- Puntoni compressi									
C ₁ (kN)	2316,1								
B ₁ (m)	0,14			σ _{Ed} /σ _{Rd,max}	69,9%	VERIFICA OK			
σ _{c1} (MPa)	11,41								
C=C ₂ (kN)	2316,1								
B ₂ (m)	0,46			σ _{Ed} /σ _{Rd,max}	20,4%	VERIFICA OK			
σ _{c2} (MPa)	3,33								

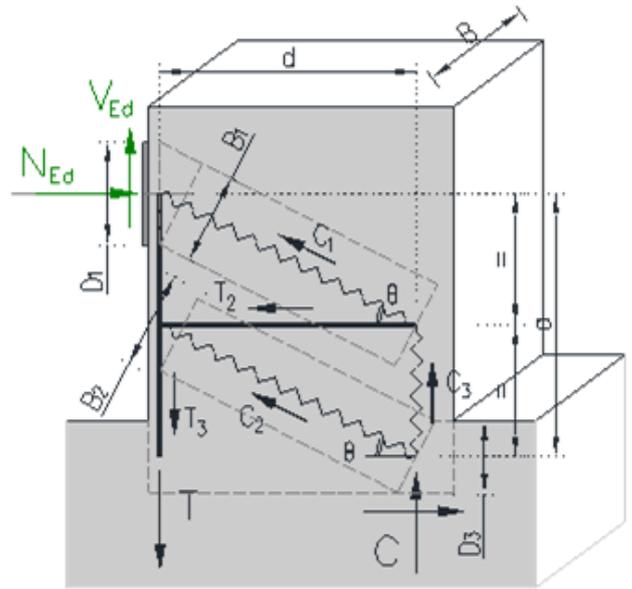


Figura 45 – Schema delle verifiche locali del ritegno trasversale

12.3.1.2 Ritegni longitudinali

Si considera l'azione $N_{Ed}=1.10 \cdot 3100 = 3410$ kN, un'armatura al corrente teso verticale di 1Ø24/10 e un'armatura distribuita interna di staffe/ganci 1Ø14/10/10 ad assorbire le trazioni orizzontali all'interno del ritegno. A favore di sicurezza, si considera un effetto di confinamento delle armature trasversali nullo.

**VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11:
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	172

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 _{yd} (MPa)	391,3	N _{Ed} (kN)	2200,0
D ₃ (m)	0,20	θ (rad)	0,288 (16,5°)	f _{ck} (MPa)	33,20	V _{Ed} (kN)	0,0
a (m)	0,45			α _{cc}	0,85		
d (m)	0,76			v	0,87		
VERIFICA ARMATURA							
- Tiranti tesi							
T=T ₃ (kN)	1643,1						
A _s (mm ²)	8139 (1x1Ø24/10)			σ _{Ed} /f _{yd}	51,6%	VERIFICA OK	
σ _s (MPa)	201,88						
T _w =T ₂ (kN)	2200,0						
A _{sw} (mm ²)	12463 (1Ø14/10/10)			σ _{Ed} /f _{yd}	45,1%	VERIFICA OK	
σ _{sw} (MPa)	176,53						
VERIFICA CALCESTRUZZO							
- Armatura di confinamento (NTC2018 §4.1.2.1.2.1)							
A _{sh} (mm ²)	0 (-)	f _{ck,c} (MPa)	33,2				
σ ₁ (MPa)	0,00	f _{cd,c} (MPa)	18,8				
α	1,00	σ _{Rd,max} (MPa)	16,31				
σ ₂ (MPa)	0,00						
- Puntoni compressi							
C ₁ (kN)	2294,4						
B ₁ (m)	0,19			σ _{Ed} /σ _{Rd,max}	40,7%	VERIFICA OK	
σ _{c1} (MPa)	6,65						
C=C ₂ (kN)	2294,4						
B ₂ (m)	0,70			σ _{Ed} /σ _{Rd,max}	11,1%	VERIFICA OK	
σ _{c2} (MPa)	1,81						

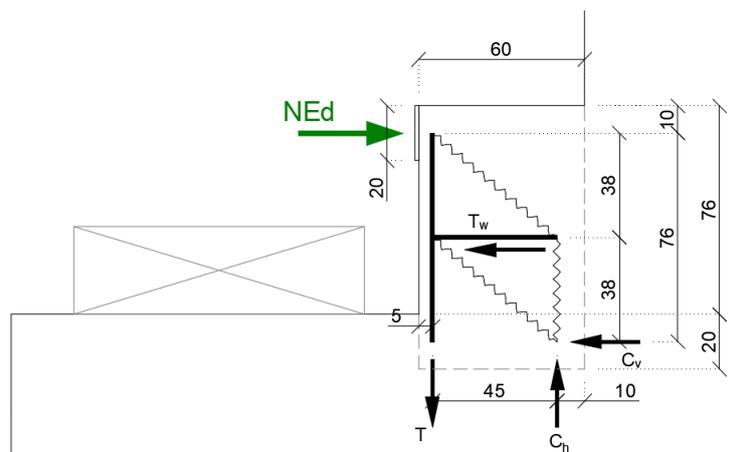
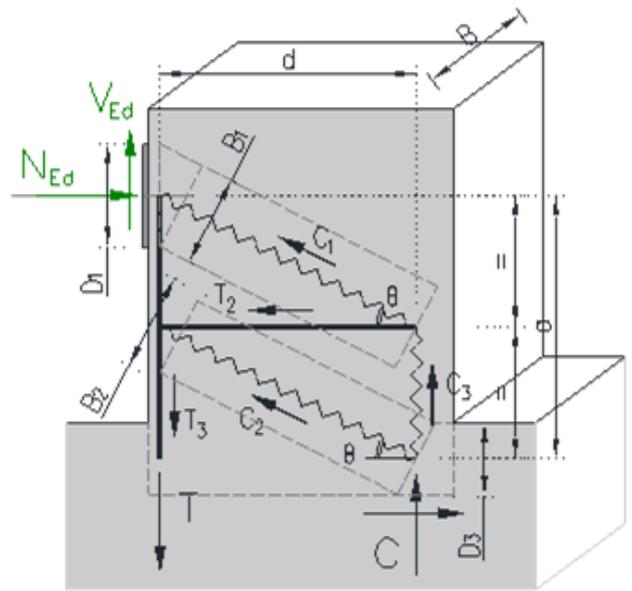


Figura 46 – Schema delle verifiche locali del ritegno longitudinale

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								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	173

13. 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)	Muri (kg/m ²)	Paraghiaia (kg/m ²)	Baggioli (kg/m ²)	Ritegni (kg/m ²)
SPALLA SP1	90	80	100	100	350	450

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	174

14. APPOGGI E GIUNTI

14.1 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

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)	3558	
Forza sismica trasversale (kN)	1900	
Forza sismica verticale (kN)	950	
Spettro elastico longitudinale $S_e(T)$ (g)	0,2814	(vedi calcolo spalle)
Spettro elastico trasversale $S_e(T)$ (g)	0,2814	
Spettro elastico verticale $S_{ve}(T)$ (g)	0,1407	

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	±100	+3100	±0	±200	+3350	±0	±0	+4300
Min (kN)	-±850	-±50	+950	±0	-±100	+950	±0	±0	+1550
SLV									
Max (kN)	±2000	±950	+1300	±0	±1900	+1300	±0	±0	+2250
Min (kN)	-±1600	-±950	+700	±0	-±1900	+700	±0	±0	+1400
TOTALE (kN)	±2000	±950	±3100	±0	±1900	±3350	±0	±0	±4300
Spost. Max (mm)	-	-	-	±110	-	-	±110	±5	-

14.2 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

E_2 spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica

E_3 spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni non collegate

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
VI11 da km 20+591,11 a km 20+616,11: Relazione di calcolo Spalla S1		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	11	04	001	B	175

- 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.