

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

IV04 - Ponte sul canale variante SP44 (NV13)

Scatolare di approccio alla spalla S2 - Relazione di calcolo

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	I V 0 4 0 0	0 0 2	B	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	Ing. M. Calderoni	Dicembre 2022	Ing. V. Calzona	Dicembre 2022	Ing. S. Canale	Dicembre 2022	
B	Aggiornamento per RdV	Ing. M. Calderoni	09/08/23	Ing. V. Calzona	10/08/23	Ing. S. Canale	11/08/23	

File: LI0B02EZZCLIV0400002B_XX.DOCX

n. Elab.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	1	

INDICE

1.. PREMESSA	3
2.. DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
2.1 Descrizione dei muri esterni in esame	4
3.. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	7
3.1 Normativa di riferimento	7
3.2 Normativa tecnica nazionale	7
3.3 Manuali ITF	8
3.4 Bibliografia e altri riferimenti	8
4.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
4.1 Calcestruzzo	9
4.2 Acciaio	10
4.3 Durabilità.....	11
5.. APPROCCIO DI CALCOLO.....	14
5.1 Caratteristiche delle opere.....	14
5.2 Criteri generali di verifica.....	14
5.3 Software di calcolo	22
5.4 Validazione programmi di calcolo	24
6.. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	25
6.1 Categoria di sottosuolo.....	25
6.2 Stratigrafia di progetto	25
7.. ANALISI DEI CARICHI TRASVERSALE.....	26
7.1 Azioni permanenti strutturali (G_1).....	26
7.2 Azioni permanenti non strutturali (G_2).....	26
7.3 Spinta del terreno (G_3).....	28
7.4 Distorsioni e deformazioni impresse (P) (ϵ)	34
7.5 Azioni variabili da traffico veicolare (Q).....	36
7.6 Azioni variabili da traffico veicolare generico (Q)	43
7.7 Azioni variabili da vento (Q).....	44
7.8 Azione sismica (e)	47
7.9 Azioni variabili termiche (Q).....	62
7.10 Azioni eccezionali urto da traffico veicolare (A)	63
8.. COMBINAZIONI DI CARICO	65

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	2

8.1	Combinazioni di carico adottate.....	65
9..	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	72
9.1	Elementi in cemento armato.....	72
10.	VERIFICA DI FONDAZIONI SUPERFICIALI	76
10.1	Criteri di verifica	76
10.2	Verifica a scorrimento (SLU GEO, SLV)	77
10.3	Verifica a capacità portante della fondazione diretta (SLU GEO, SLV)	77
10.4	Verifiche geotecniche in esercizio (SLE GEO, SLD).....	80
11.	MODELLI DI CALCOLO	81
12.	ANALISI TRASVERSALE MURI	83
12.1	Descrizione del modello FEM.....	83
12.2	Verifiche strutturali.....	91
13.	ANALISI LONGITUDINALE MURI.....	106
14.	VERIFICHE GEOTECNICHE	106
15.	RIEPILOGO INCIDENZE C.A.	106

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	3	

1. PREMESSA

Il presente elaborato attiene la progettazione esecutiva per la realizzazione dei Lotti 2 e 3 Termoli - Ripalta del raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina sulla Linea Pescara – Bari, dal km 0+000 al km 24+900, per uno sviluppo di circa 24,9 km.

Attualmente, la tratta a singolo binario Termoli – P.M. Lesina della Linea Pescara – Bari rappresenta un collo di bottiglia dell'intera Direttrice Adriatica, che impedisce incrementi di traffico e comporta limitazioni nell'impostazione dell'orario, dovendo considerare incroci e precedenza che incidono sugli effettivi tempi di percorrenza.

Il Progetto del raddoppio, inserito fra le infrastrutture strategiche di interesse nazionale ai sensi della L. n. 443/2001 (approvazione della Delibera CIPE 21/12/2001, n.121), mira ad uniformare gli standard di esercizio della tratta Termoli-Lesina a quelli dell'intera direttrice adriatica, riveste una notevole importanza e mira al raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- Aumento della velocità massima del tracciato e della capacità della linea;
- Elevazione degli indici di qualità del servizio, in termini di regolarità del traffico e di migliore adattabilità alla domanda di trasporto (risposta dinamica);
- Riduzione dei costi d'uso dell'infrastruttura, migliore coordinamento delle attività di circolazione dei treni e di manutenzione delle infrastrutture;
- Miglioramento dell'offerta di trasporto conseguente alla riduzione dei tempi di percorrenza della relazione.

L'intervento, inoltre, è volto a migliorare la sicurezza della circolazione in considerazione delle criticità del territorio dal punto di vista idraulico. Infatti, la tratta in esame si colloca all'interno di un articolato reticolo idrografico con numerosi corsi d'acqua aventi, per lo più, andamento semi-rettilineo ortogonale alla linea di costa. I corsi d'acqua più importanti attraversati sono il Fiume Biferno (nella Regione Molise,), il Torrente Saccione (a sud di Lido di Campomarino, segna il confine amministrativo fra la Regione Molise e la Regione Puglia) e il Fiume Fortore (nella Regione Puglia) che interessa il Lotto 1 dell'intervento.

Le aree di valle prossime agli apparati focivi di detti corsi d'acqua, soprattutto del Fiume Biferno e del Fiume Fortore, interessate dall'attraverso della linea in progetto, sono soggette ad elevato rischio idraulico. In tal senso, il progetto si pone quale obiettivo quello dell'ottimizzazione delle relazioni con detto contesto idrografico, finalizzata al superamento delle attuali condizioni di rischio che certamente possono interferire con alcuni tratti dell'attuale percorso in rilevato. La previsione di realizzazione di nuovi viadotti garantirà una maggiore trasparenza idraulica dell'opera, con diminuzione di eventuali fenomeni di allagamento e contenimento delle piene.

Il raddoppio della tratta Termoli-Lesina è stato suddiviso tre lotti funzionali:

- Lotto 1: Ripalta-Lesina, dal km 24+200 al km 31+044, sviluppo di circa 6,8 km;
- Lotto 2: Termoli-Campomarino, dal km 0+000 al km 5+940, sviluppo di circa 5,9 km;
- Lotto 3: Campomarino-Ripalta, dal km 5+940 al km 24+200, sviluppo di circa 18,3 km.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	4

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'IV04 è il ponte stradale presente in corrispondenza della viabilità di progetto NV13, che attraversa la linea ferroviaria al km 17+830 circa. Il ponte presenta una lunghezza di 45.00 m e serve ad attraversare il canale interferente con la viabilità di progetto NV13 e l'opera di scavalco è completata da 2 scatolari di approccio a tergo di entrambe le spalle: lato spalla S1 lungo 29.90m, con anche una apertura per far passare una stradina parallela al canale e, lato spalla S2, lungo 36.90m.

L'impalcato è costituito da una travata semplicemente appoggiata di lunghezza complessiva pari a 45 m e lunghezza netta tra gli appoggi pari a 43 m. La piattaforma ha una larghezza totale di 14.50 m con carreggiata di larghezza 10.80. La struttura è mista in acciaio-calcestruzzo costituita da quattro travi metalliche ad interasse (distanza fra i baricentri) di 3.10 m alla soletta in c.a. gettata in opera. Le travi sono poi collegate mediante controventi superiori e diaframmi verticali posti ad interasse di circa 5 m.

La soletta in c.a. di spessore costante pari a 300 mm è gettata su predalles di 50 mm di spessore poggiate sulle piattabande superiori delle travi e collegata ad essi mediante connettori tipo "Nelson".

La soletta in calcestruzzo armato collaborante con le travi garantisce, insieme ai traversi, la ripartizione dei carichi tra le travi dell'impalcato in esame.

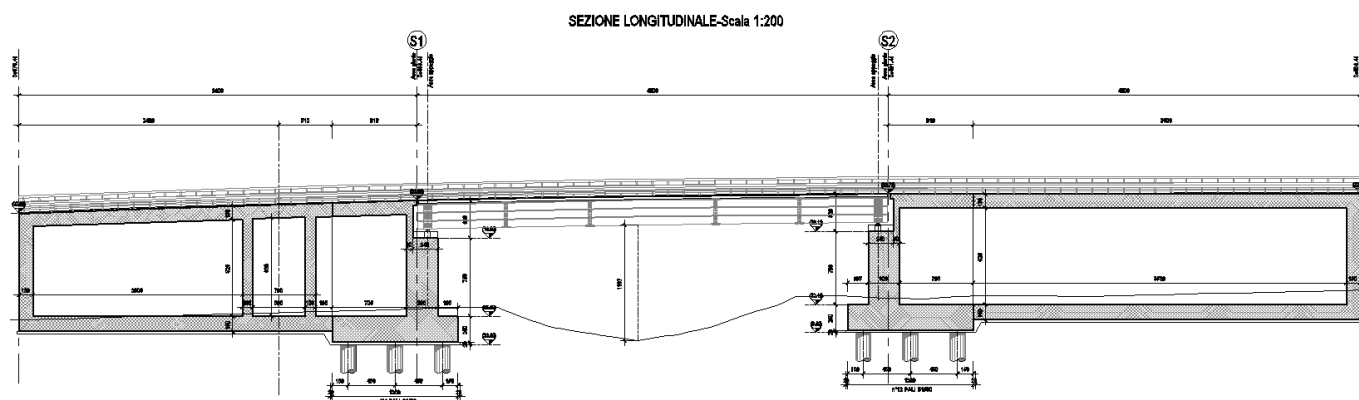


Figura 2-1: Profilo longitudinale opera

2.1 DESCRIZIONE DEI MURI ESTERNI IN ESAME

La presente relazione di calcolo fa riferimento al dimensionamento e verifica dei muri esterni della spalla S02 del "Ponte sul canale variante SP44 (NV13)".

Le opere in esame in esame sono costituite da uno scatolare in c.a. di dimensioni interne 12.10 m (larghezza)x8.55-9.50m (altezza). Lo spessore strutturale per la parte in fondazione è di 1.50 m, per i piedritti è 1.20 m e per il traverso è pari a 1,30 m.

Di seguitosi riportano alcune immagini rappresentative del sottovia, per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.

**IV04 - Scatolare di approccio alla
spalla S2 – Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	5

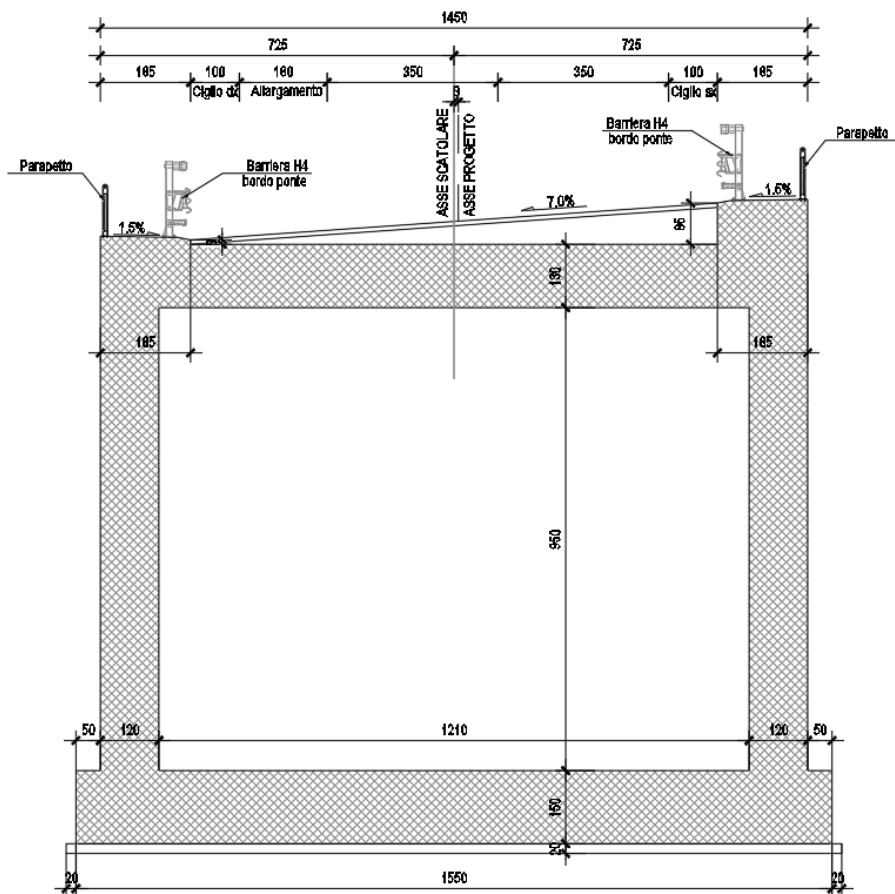
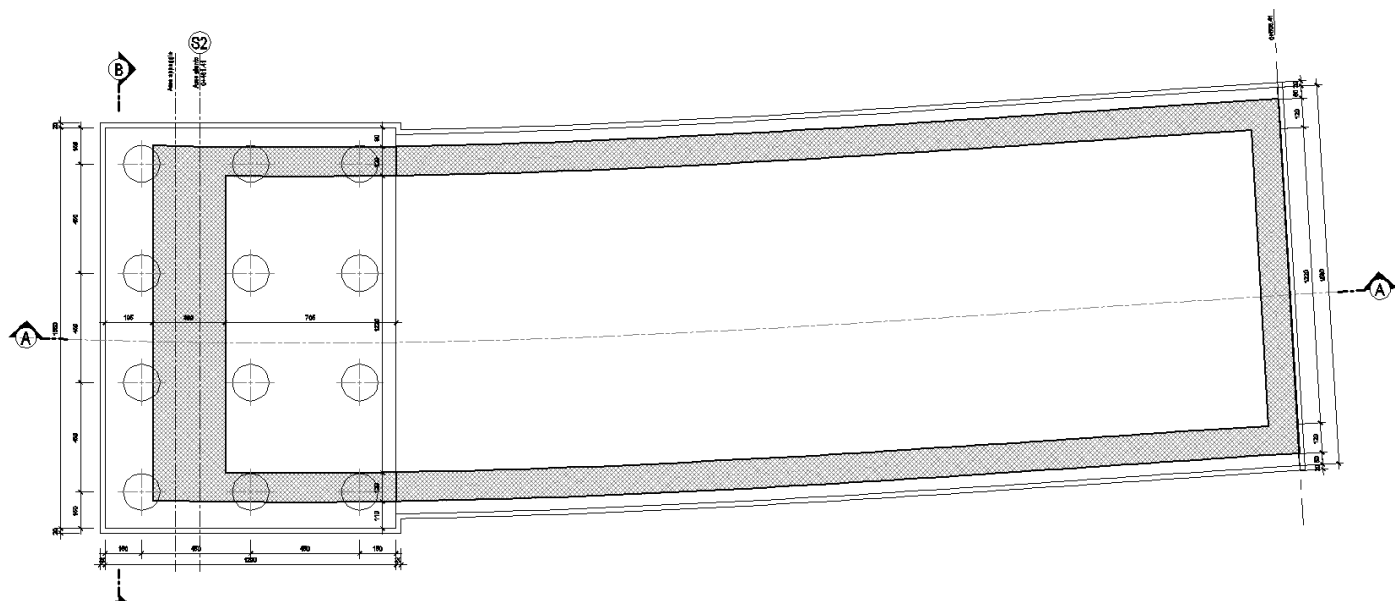
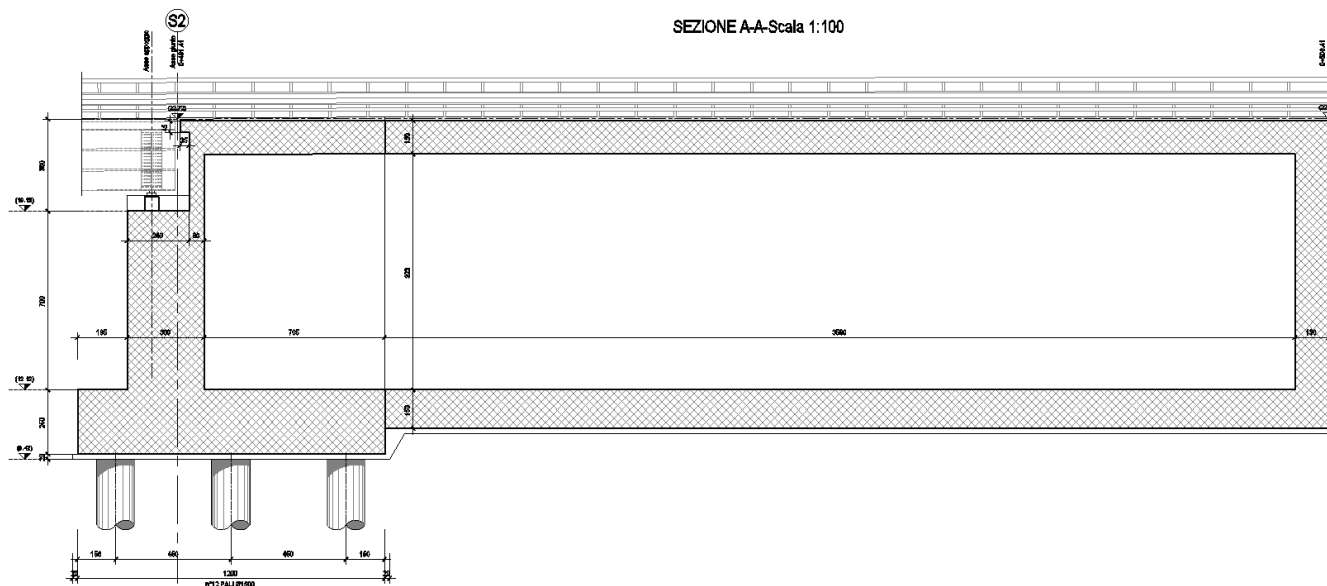


Fig. 1 – Sezione trasversale dell'opera



**IV04 - Scatolare di approccio alla
spalla S2 – Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	6



MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	7	

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”;

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	8	

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

[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 HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	9	

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 per 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

$f_{ck} = R_{ck} \cdot 0.83 = 24.90$ MPa

Resistenza media a compressione cilindrica

$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90$ MPa

Modulo elastico

$E_c = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447$ MPa

Valore medio di resistenza a trazione semplice

$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 2.56$ MPa

Resistenza di calcolo a trazione semplice

$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79$ 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

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 14.11$ MPa

Resistenza di calcolo a trazione semplice

$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19$ MPa

Valore ultimo della deformazione a compressione

$\epsilon_{cu} = 3.5$ ‰

Stato limite di esercizio

Tensione max di compressione – Comb. Rara

$\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} = 13.70$ MPa

Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.

$\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} = 9.96$ MPa

4.1.3 Calcestruzzo per elevazioni 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

$f_{ck} = R_{ck} \cdot 0.83 = 33.20$ 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

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTELE A.R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	10

Valore ultimo della deformazione a compressione

$$\varepsilon_{cu} = 3.5 \text{ ‰}$$

Stato limite di esercizio

Tensione max di compressione – Comb. Rara

$$\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} = 18.26 \text{ MPa}$$

Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.

$$\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} = 13.28 \text{ MPa}$$

4.2 ACCIAIO

4.2.1 Acciaio d'armatura in barre per calcestruzzo armato

Tensione caratteristica di rottura a trazione

$$f_{tk} = \geq 540 \text{ MPa}$$

Tensione caratteristica di snervamento a trazione

$$f_{yk} = \geq 450 \text{ MPa}$$

Modulo elastico

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Stato limite ultimo

Coefficiente parziale di sicurezza

$$\gamma_s = 1.15$$

Resistenza di calcolo

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30 \text{ MPa}$$

Valore ultimo della deformazione a trazione

$$\varepsilon_{cu} = 10 \text{ ‰}$$

Stato limite di esercizio

Tensione max di trazione

$$\sigma_s = 0.75 \cdot f_{yk} = 337.50 \text{ MPa}$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	11

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			
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti										
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3		
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,50	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	C30/37	C32/40	C35/45				
Minimo contenuto in cemento (kg/m³)	-	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 CENtrS 12390 -9, UNI CENtrR 15177 o UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. 11 valore minima di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con b) Dopper >20mm; per Dopper inferiori il limite minima andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per Dopper tra 12 mm e 16 mm). 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 UNI9156 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 minimo a/c e il contenuto minimo di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.																			

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 CEI/EN 12390-9, UNI CEI/EN 15177 o UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. 11 valore minima di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con b) Dopper >20mm; per Dopper inferiori il limite minima andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per Dopper tra 12 mm e 16 mm). 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 minimo di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

Tabella 1 - 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	$\geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$\geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$\geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$\geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$
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 2 - Copriferri minimi in mm ($V_N = 50$ anni)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	12

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 3 - 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				XC2	
Rapporto max A/C		0,60				0,6	
Classe di resistenza minima		C25/30				C25/30	
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)		300				300	
Contenuto minimo di aria (%)		-				-	
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)		-				-	
Cemento resistente ai solfati		-				-	
Cemento resistente all'acqua di mare		-				-	
COPRIFERRO NOMINALE							
C _{min} = max(C _{min,b} ; C _{min,dur} + ΔC _{dur,y} - ΔC _{dur,st} - ΔC _{dur,add} ; 10 mm)				(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)			
C _{nom} = C _{min} + ΔC _{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					
Ø (mm)		26	diametro barra Ø (isolata) o equivalente Ø _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

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	13

NOME: ELEVAZIONI		REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2008)				Rev. 00.1	
CLASSE DI ESPOSIZIONE							
Corrosione da carbonatazione	XC4	Ambiente ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua. Cls in esterni con superfici soggette ad alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. Cls ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2.					
Corrosione da cloruri marini	XS1	Ambiente di aria che trasporta salsedine marina in assenza di contatto con l'acqua di mare. Cls di strutture in zone costiere.					
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)						Mix design di progetto:	
		XC4		XS1		XC4+XS1	
	Rapporto max A/C	0,50		0,50		0,5	
	Classe di resistenza minima	C32/40		C32/40		C32/40	
	Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	340		340		340	
	Contenuto minimo di aria (%)	-		-		-	
	Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)	-		-		-	
	Cemento resistente ai solfati	-		-		-	
	Cemento resistente all'acqua di mare	-		SI		SI	
COPRIFERRO NOMINALE							
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$		(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					
Ø (mm)		26	diametro barra Ø (isolata) o equivalente Øn (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 HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	14	

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

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	15

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)

5.2.2 Stati limite ultimi

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

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

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

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

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

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

a_d parametri geometrici di progetto

γ_M coefficiente parziale di sicurezza del materiale

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

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

5.2.3 Strutture non geotecniche

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

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	16

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 4 - Coefficienti di contemporaneità delle azioni (NTC 2018) - Opere civili generiche

Tab. 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Gruppo di azioni	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5KN/m ²
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m ²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m ²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti pedonali
(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Tabella 5 – Schema dei gruppi di combinazioni per azioni di traffico (NTC 2018) – Ponti stradali

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	17

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		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⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 6 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU (NTC 2018) – Ponti stradali

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	–	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Tabella 7 - Coefficienti di contemporaneità delle azioni (NTC 2018) – Ponti stradali

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORCIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro spa		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	18	

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:

$$E_d \leq R_d$$

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

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

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

$$F_d = \gamma_F \cdot F_k$$

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

$$a_d$$

$$\gamma_E$$

$$\gamma_M$$

$$\gamma_R$$

valore di progetto dell'azione

valore di progetto dell'effetto dell'azione

valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

azioni di progetto

parametri geotecnici di progetto

parametri geometrici di progetto

coefficiente parziale di sicurezza sugli effetti delle azioni

coefficiente parziale di sicurezza del materiale

coefficiente parziale di sicurezza globale sulle resistenze

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	19

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_{Gi}

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	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	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_r	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.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	20

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

- *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 rigidità nei confronti delle azioni verticali e 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 rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità 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 *rigidità (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 *rigidità (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 CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.		MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	21

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 HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.		MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	22

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

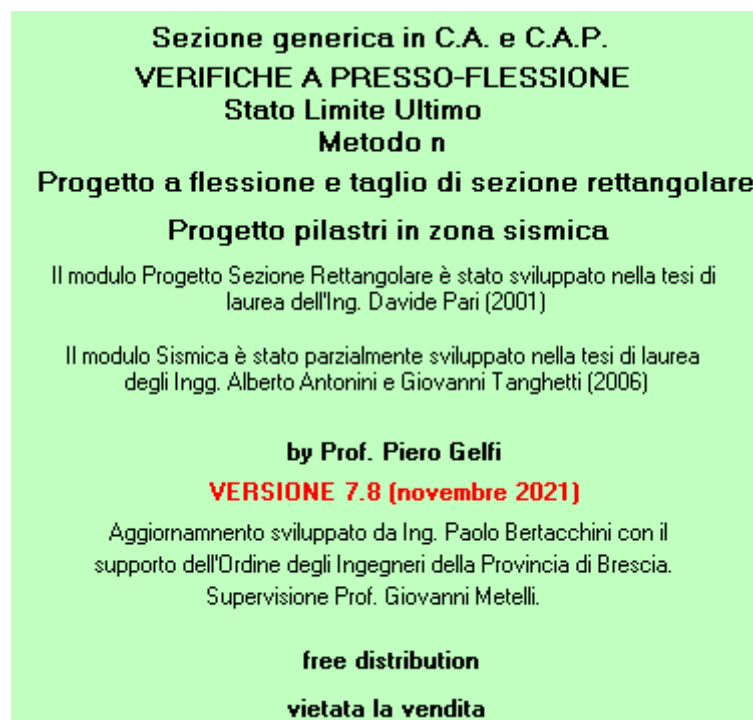
MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.		MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	23

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
Titolo:



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

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro spa		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	24	

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 HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	25	

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

6.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Dalle indagini sismiche 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 STRATIGRAFIA DI PROGETTO

Si riporta del seguito uno stralcio della relazione geotecnica di progetto, per le restanti considerazioni sui terreni di fondazione, vedi relazione di calcolo geotecnico delle palificate.

Il livello della falda massimo rilevato in corrispondenza dell'opera è intorno a +6 m s.l.m., a circa a 6 m di profondità dal p.c. locale (+12 m s.l.m.).

Nella seguente tabella si sintetizza la stratigrafia, definita da un p.c. di riferimento a +12m s.l.m., ed i parametri geotecnici.

Tabella 52 – Stratigrafia e parametri geotecnici – IV04

Unità geotecnica	Profondità [m]	γ [kN/m ³]	Nspt [-]	ϕ' [°]	c' [kPa]	cu [kPa]	Eo [MPa]
bn2	Da 0.0 a 23.0	20.0	48+100	37	0	-	200+1000
bn3	Da 23.0 a 30.0	20.0	21	26	5	150	600+1000

Dove:

γ = peso di volume naturale

Nspt = n. di colpi ogni 30cm da prova SPT

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

c' = coesione drenata

cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate

Eo = modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	26

7. ANALISI DEI CARICHI TRASVERSALE

7.1 AZIONI PERMANENTI STRUTTURALI (G₁)

Nome	γ _G (Fav / Sfav)	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
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 $\gamma_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$.

Si riporta a seguire l'analisi dei carichi agenti sul solettone superiore in termini di pesi propri strutturali e non strutturali e carichi accidentali.

Per il modello trasversale di scatolare di approccio si considera uno spessore di 1.30m per il solettone superiore, 1.50m per quello inferiore e di 1.20m per i muri laterali.

$g_{1,ssup} = (1,30 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 32,50 \text{ kN/m}$ Peso solettone superiore

$g_{1,sinf} = (1,50 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 37,50 \text{ kN/m}$ Peso solettone inferiore

$g_{1,ml} = (1,20 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 30,00 \text{ kN/m}$ Peso muri laterali

Tali carichi sono stati calcolati direttamente dal software utilizzato per l'analisi in base alle dimensioni degli elementi strutturali.

7.2 AZIONI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G₂)

Nome	γ _G (Fav / Sfav)	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
PERM (ponti stradali)	1.00 / 1.50	-	-	-

Le azioni permanenti non strutturali considerate nell'ambito dell'analisi trasversale sono date da:

$g_{2,c1} = (0.17 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 4,25 \text{ kN/m}$ Cordolo sinistro

$g_{2,c2} = (0.92 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 23,00 \text{ kN/m}$ Cordolo destro

$g_{2,r1} = (0.08 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 22 \text{ kN/m}^3 = 1,76 \text{ kN/m}$ Ricoprimento

$g_{2,r2} = (0.83 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 22 \text{ kN/m}^3 = 18,26 \text{ kN/m}$

$g_{2,v} = 2,5 \text{ kN/m}$ Velette

$g_{2,par} = 1 \text{ kN/m}$ Parapetto

$g_{2,barr} = 1,5 \text{ kN/m}$ Barriera sicurezza

**IV04 - Scatolare di approccio alla
spalla S2 – Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	27

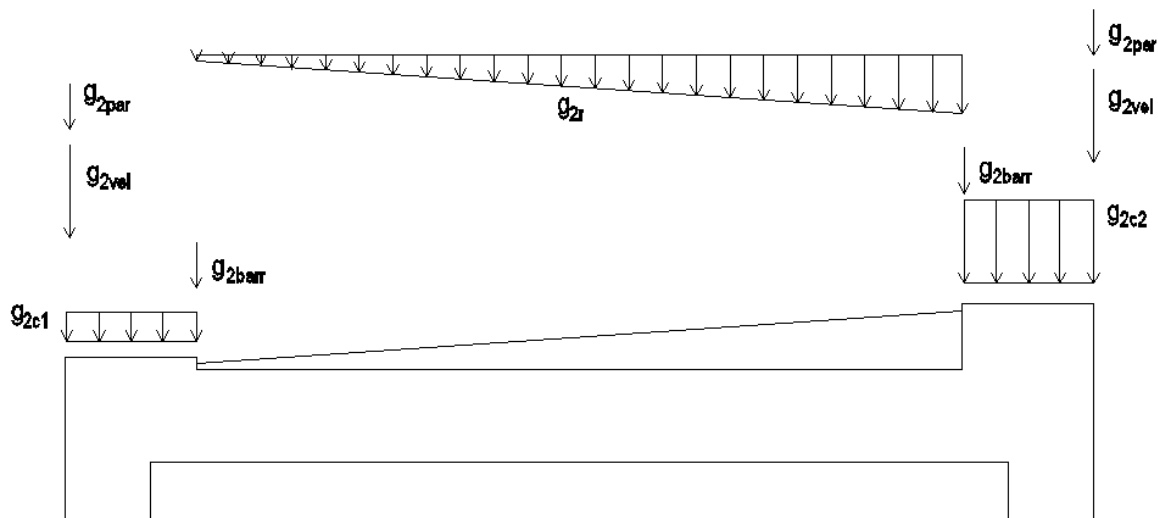


Figura 3 – Modello trasversale muri – Azioni permanenti non strutturali

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	28

7.3 SPINTA DEL TERRENO (G₃)

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

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

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

Table C.1 — Ratios v_s/h

Kind of wall movement		v_s/h loose soil %	v_s/h dense soil %
a)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b)		0,2	0,05 to 0,1
c)		0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
where: v_s is the wall motion to mobilise active earth pressure h is the height of the wall			

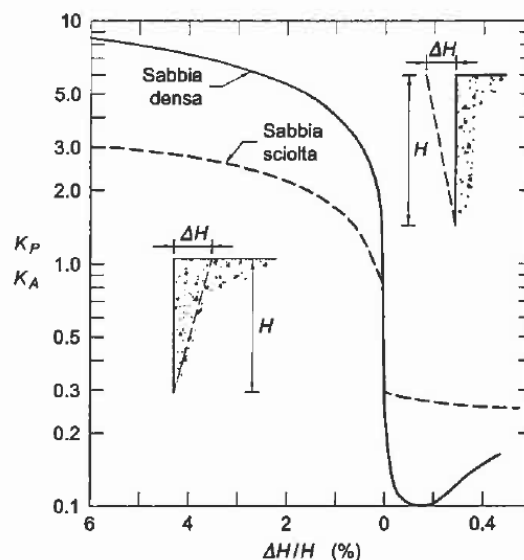


Figura 4 - Spostamenti relativi muro-terreno necessari per il raggiungimento di un regime di spinta attiva secondo EC7 Annex C e Lancellotta (1999)

7.3.1 Spinta a riposo

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

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	29

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

spinta a riposo statica totale sul muro

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

pressione orizzontale di spinta del terreno

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

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

$$OCR = 1$$

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:

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

$$\beta = 0$$

angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

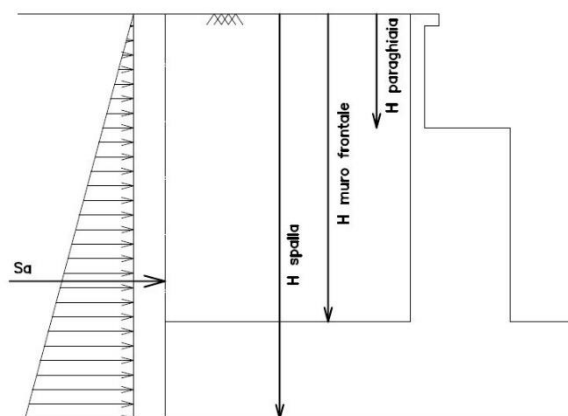


Figura 5: Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

Considerando un angolo $\varphi' = 35^\circ$, $k_0 = 0.4264$ e un peso del terreno $\gamma = 20.00 \text{ kN/m}^3$, la spinta del terreno è pari a:

$$S_{oh, trasv} = h_{ml}/2 * k_0 * \gamma = 42.64 \text{ kN/m}^2$$

Spinta sul muro laterale

$$S_{oh, long} = h_{mc} * k_0 * \gamma = 108.78 \text{ kN/m}^2$$

Spinta sul muro di chiusura

dove $h_{ml} = 10\text{m}$ è l'altezza del muro laterale, h_{mc} è l'altezza del muro di chiusura, comprensiva sia dello spessore della soletta inferiore, sia di quello della soletta superiore e dell'altezza del riempimento.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	30

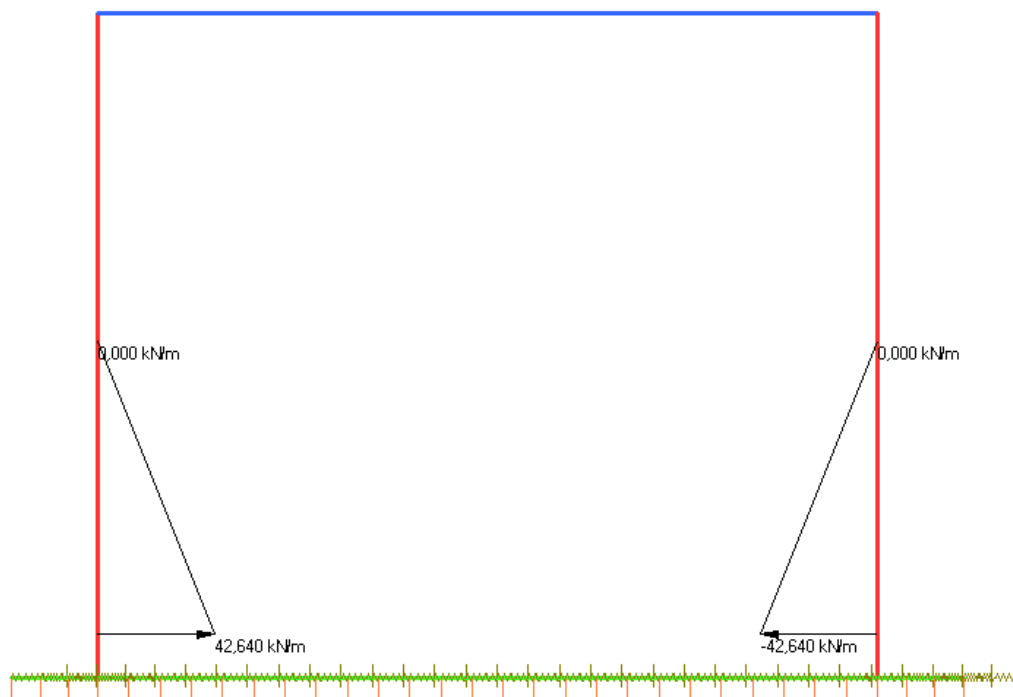


Figura 6 – Modello trasversale muri – Azioni del terreno

7.3.2 Spinta attiva

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

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

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

spinta attiva statica totale sul muro

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

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

$$\psi = 90^\circ$$

angolo tra parete di spinta e piano orizzontale

$$\beta$$

angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	31

C

coesione del terreno

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

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

γ_{sat} peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori)

γ_w peso di volume dell'acqua

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

spinta attiva statica totale efficace sul muro

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

pressione orizzontale di spinta efficace del terreno

$$\sigma'_v(z)$$

pressione verticale efficace del terreno

$$E_{\text{ws}}$$

spinta idrostatica

$$E_{\text{wd}}$$

spinta idrodinamica

7.3.3 Sovraspinte 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.

7.3.3.1 Azioni inerziali masse

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

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

$$S_{\text{ah}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot H^{*2} \cdot K_a$$

spinta attiva statica sulla parete

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

spinta attiva sismica sulla parete

$$K_{\text{aE}} = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

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

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	32	

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

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

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

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

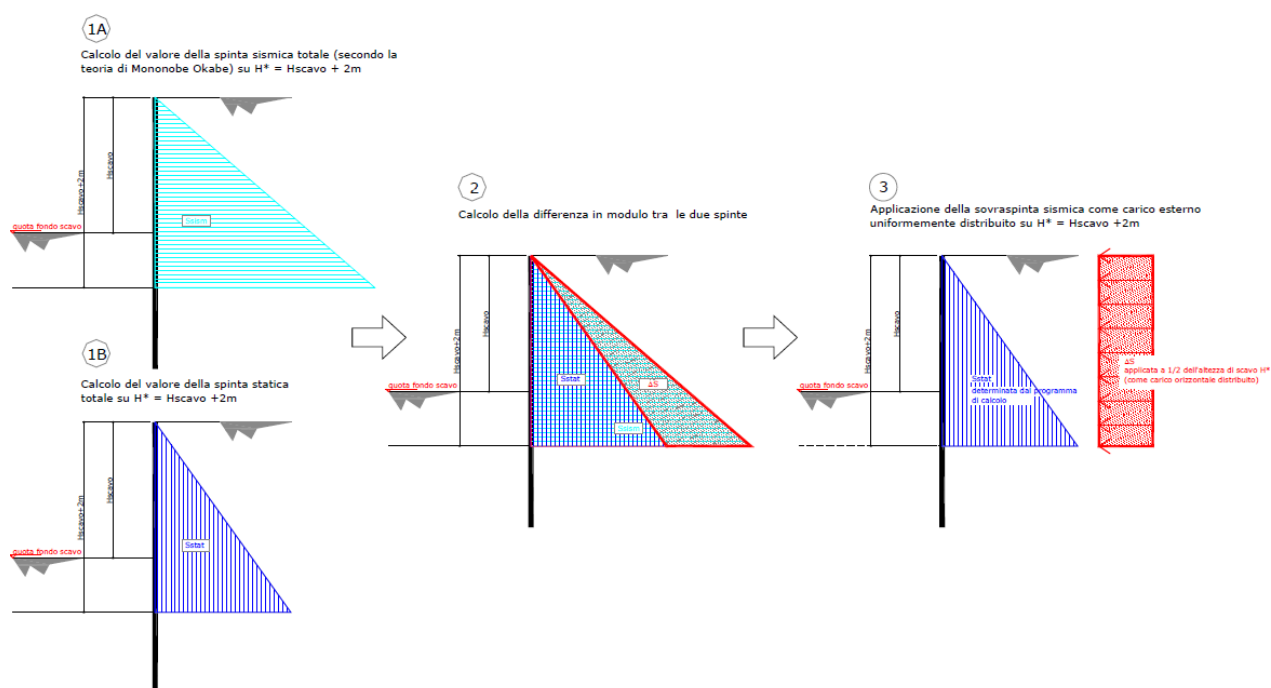


Figura 7 - Schema di calcolo sovraspinte dinamiche terreno

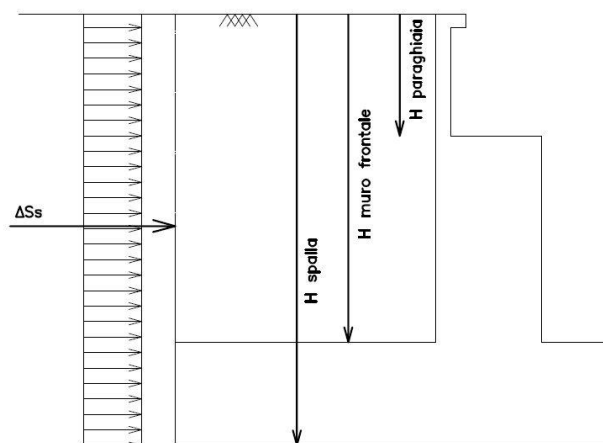


Figura 8: Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	33	

7.3.3.2 Spinta attiva in Excel®

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

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	34	

7.4 DISTORSIONI E DEFORMAZIONI IMPRESSE (P) (E)

7.4.1 Ritiro del calcestruzzo (ϵ_2)

Nome	Tipo	$\gamma_{\epsilon 2}$ (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
RITIRO (ponti stradali)	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 sua resistenza e dalle condizioni ambientali, gli effetti possono evidenziarsi sia in fase di costruzione sulla sezione mista composta da due materiali di diverso modulo elastico (ritiro primario) sia a lungo termine sulla statica globale della struttura (ritiro secondario).

Tab. 11.2.Va – Valori di ϵ_{c0}

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

Tabella 11 - Valori del parametro ϵ_{c0} (‰)

Tab. 11.2.Vb – Valori di k_h

h_0 (mm)	k_h
100	1,00
200	0,85
300	0,75
≥ 500	0,70

Tabella 12 - Valori del parametro k_h

Nel caso in oggetto, dato che le sezioni strutturali sono interamente gettate in opera nella stessa fase, si tengono conto nel calcolo degli effetti secondari causati dalle differenze di ritiro tra la fondazione e la soletta, quando alla fine della costruzione si realizza la chiusura della sezione scatolare con il getto della soletta stessa.

Nell'ipotesi a favore di sicurezza di una tempistica di costruzione velocizzata, si analizza nel tempo l'andamento delle deformazioni da ritiro per i due elementi e si considera in progetto il valore a tempo infinito. Questa deformazione, inserita nel modello numerico della sezione scatolare come distorsione di temperatura equivalente, permette il calcolo della reazione iperstatica venuta a formarsi nel tempo.

$$\Delta T = \Delta \epsilon_{cs} / \alpha = 5.88^\circ \text{ C}$$

LINEA PESCARA – BARI

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

IV04 - Scatolare di approccio alla
spalla S2 – Relazione di calcolo

COMMESSA

LOTTO

FASE

ENTE

TIPO DOC

OPERA 7 DISCIPLINA

PROGR

REV

FOGLIO

LI0B

02

E

ZZ

CL

IV

04

00

002

B

35

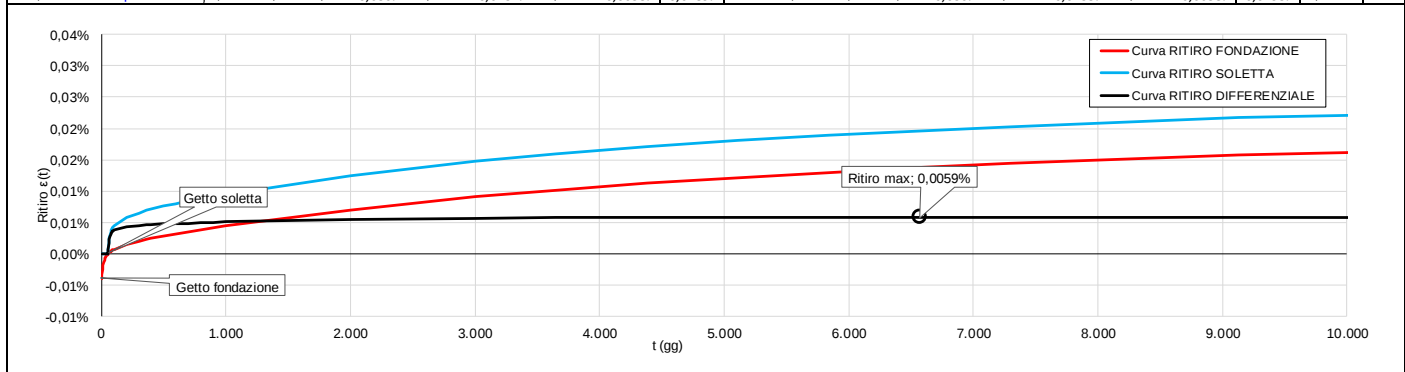
$$\Delta \epsilon_{CS} = 0.0059\%$$

$$\alpha = 0.00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

ritiro differenziale di progetto

coefficiente di dilatazione termica

NOME: RI TIRO ORIZZONTALE		CALCOLO RI TIRO DIFFERENZIALE TRA ELEMENTI IN C.A. (EN 1992-1-1: 2005)																Rev. 00		
		FONDAZIONE								SOLETTA								RI TIRO DIFFERENZIALE		
		f_{cm} (MPa)	41,20	A_c (m ²)	1,50	t_s (gg)	28	f_{cm} (MPa)	41,20	A_c (m ²)	1,30	t_s (gg)	28							
		s	0,20	u_s (m)	1,00	k_{th}	0,700	s	0,20	u_s (m)	1,00	k_{th}	0,700							
		α_{ds1}	6	h_0 (mm)	3000	β_{RH}	0,7564	α_{ds1}	6	h_0 (mm)	2600	β_{RH}	0,7564							
		α_{ds2}	0,11	RH (%)	80					α_{ds2}	0,11	t getto (gg)	55							
		Resistenza								Resistenza										
		$\beta_{CC}(t)$	$f_{cm}(t)$	$f_{ct}(t)$	ϵ_{cdo}	$\beta_{as}(t)$	$\epsilon_{cs}(t)$	$\beta_{as}(t)$	$\epsilon_{cs}(t)$	$\beta_{CC}(t)$	$f_{cm}(t)$	$f_{ct}(t)$	ϵ_{cdo}	$\beta_{as}(t)$	$\epsilon_{cs}(t)$	$\beta_{as}(t)$	$\epsilon_{cs}(t)$	Ritiro diff.		
t t (gg) (anni)		(MPa)	(MPa)							(gg)	(MPa)	(MPa)						$\Delta \epsilon_{cs}(t-t_s)$		
0,0	3	Getto fondazione	0,663	27,31	19,31	0,042%	0,0000%	0,29278	0,0007%	0,0007%								0,0000%		
0,0	5		0,761	31,35	23,35	0,040%	0,0000%	0,36059	0,0012%	0,0012%								0,0000%		
0,0	10		0,874	36,01	28,01	0,038%	0,0000%	0,46871	0,0021%	0,0021%								0,0000%		
0,0	15		0,929	38,29	30,29	0,037%	0,0000%	0,53911	0,0027%	0,0027%								0,0000%		
0,1	20		0,964	39,72	31,72	0,037%	0,0000%	0,59116	0,0032%	0,0032%								0,0000%		
0,1	25		0,988	40,72	32,72	0,036%	0,0000%	0,63212	0,0036%	0,0036%								0,0000%		
0,1	28		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0000%	0,65295	0,0038%	0,0038%								0,0000%		
0,1	30	Getto muri	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0003%	0,66561	0,0039%	0,0039%								0,0000%		
0,1	35		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0010%	0,69371	0,0040%	0,0041%								0,0000%		
0,1	40		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0018%	0,71774	0,0042%	0,0042%								0,0000%		
0,1	45		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0025%	0,73858	0,0043%	0,0043%								0,0000%		
0,1	50		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0033%	0,75688	0,0044%	0,0045%								0,0000%		
0,2	55	Getto soletta	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0040%	0,77310	0,0045%	0,0046%	3	0,663	27,31	19,31	0,042%	0,0000%	0,29278	0,0007%	0,0007%	12%
0,2	60		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0048%	0,78758	0,0046%	0,0047%	8	0,840	34,61	26,61	0,039%	0,0000%	0,43203	0,0018%	0,0018%	29%
0,2	65		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0056%	0,80060	0,0046%	0,0048%	13	0,911	37,52	29,52	0,037%	0,0000%	0,51379	0,0025%	0,0025%	39%
0,2	70		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0063%	0,81238	0,0047%	0,0049%	18	0,952	39,21	31,21	0,037%	0,0000%	0,57196	0,0030%	0,0030%	47%
0,2	75		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0071%	0,82308	0,0048%	0,0050%	23	0,980	40,36	32,36	0,036%	0,0000%	0,61679	0,0034%	0,0034%	52%
0,2	80		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0078%	0,83285	0,0048%	0,0050%	28	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0000%	0,65295	0,0038%	0,0038%	57%
0,2	85		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0086%	0,84180	0,0049%	0,0051%	33	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0004%	0,68302	0,0040%	0,0040%	59%
0,2	90		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0093%	0,85004	0,0049%	0,0052%	38	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0018%	0,70855	0,0041%	0,0042%	61%
0,3	95		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0100%	0,85763	0,0050%	0,0052%	43	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0028%	0,73058	0,0042%	0,0043%	62%
0,3	100		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0108%	0,86466	0,0050%	0,0053%	48	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0037%	0,74984	0,0043%	0,0044%	64%
0,5	200		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0255%	0,94089	0,0055%	0,0061%	148	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0221%	0,91224	0,0053%	0,0058%	74%
0,8	300		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0397%	0,96870	0,0056%	0,0066%	248	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0398%	0,95713	0,0056%	0,0066%	77%
1,0	365		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0487%	0,97809	0,0057%	0,0069%	313	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0510%	0,97094	0,0056%	0,0069%	78%
1,1	400		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0535%	0,98168	0,0057%	0,0070%	348	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0569%	0,97603	0,0057%	0,0071%	79%
1,4	500		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0670%	0,98858	0,0057%	0,0074%	448	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0733%	0,98549	0,0057%	0,0076%	80%
1,6	600		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0800%	0,99255	0,0058%	0,0078%	548	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0893%	0,99074	0,0057%	0,0080%	82%
1,9	700		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,0927%	0,99497	0,0058%	0,0081%	648	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,1046%	0,99385	0,0058%	0,0084%	83%
2,2	800		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,1051%	0,99651	0,0058%	0,0084%	748	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,1195%	0,99579	0,0058%	0,0088%	84%
2,5	900		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,1171%	0,99752	0,0058%	0,0087%	848	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,1339%	0,99704	0,0058%	0,0092%	85%
2,7	1000		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,1288%	0,99821	0,0058%	0,0090%	948	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,1478%	0,99788	0,0058%	0,0095%	86%
5,5	2000		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,2307%	0,99987	0,0058%	0,0116%	1948	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,2658%	0,99985	0,0058%	0,0125%	93%
8,2	3000		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,3113%	0,99998	0,0058%	0,0136%	2948	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,3551%	0,99998	0,0058%	0,0147%	97%
10,0	3650		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,3552%	0,99999	0,0058%	0,0147%	3598	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,4023%	0,99999	0,0058%	0,0159%	98%
12,0	4380		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,3983%	0,0100%	0,0000%	0,0158%	4328	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,4477%	0,0113%	0,0000%	0,0171%	99%
14,0	5110		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,4360%	0,0110%	0,0000%	0,0168%	5058	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,4867%	0,0123%	0,0000%	0,0181%	100%
16,0	5840		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,4692%	0,0118%	0,0000%	0,0176%	5788	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,5206%	0,0131%	0,0000%	0,0189%	100%
18,0	6570		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,4988%	0,0126%	0,0000%	0,0184%	6518	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,5503%	0,0139%	0,0000%	0,0197%	100%
20,0	7300		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,5252%	0,0132%	0,0000%	0,0190%	7248	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,5765%	0,0145%	0,0000%	0,0203%	100%
25,0	9125		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,5805%	0,0146%	0,0000%	0,0204%	9073	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,6304%	0,0159%	0,0000%	0,0217%	99%
50,0	18250	Vita utile ordinaria	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,7349%	0,0185%	0,0000%	0,0243%	18198	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,7740%	0,0195%	0,0000%	0,0253%	95%
75,0	27375		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,8062%	0,0203%	0,0000%	0,0261%	27323	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,8373%	0,0211%	0,0000%	0,0269%	91%
100,0	36500		1,000	41,20	33,20	0,036%	0,8473%	0,0213%	0,0000%	0,0271%	36448	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,8729%	0,0220%	0,0000%	0,0278%	89%
200,0	73000	Tempo infinito	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,9173%	0,0231%	0,0000%	0,0289%	72948	1,000	41,20	33,20	0,036%	0,9322%	0,0235%	0,0000%	0,0293%	84%



Di seguito, si riportano le azioni inserite nel modello FEM:

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	36	

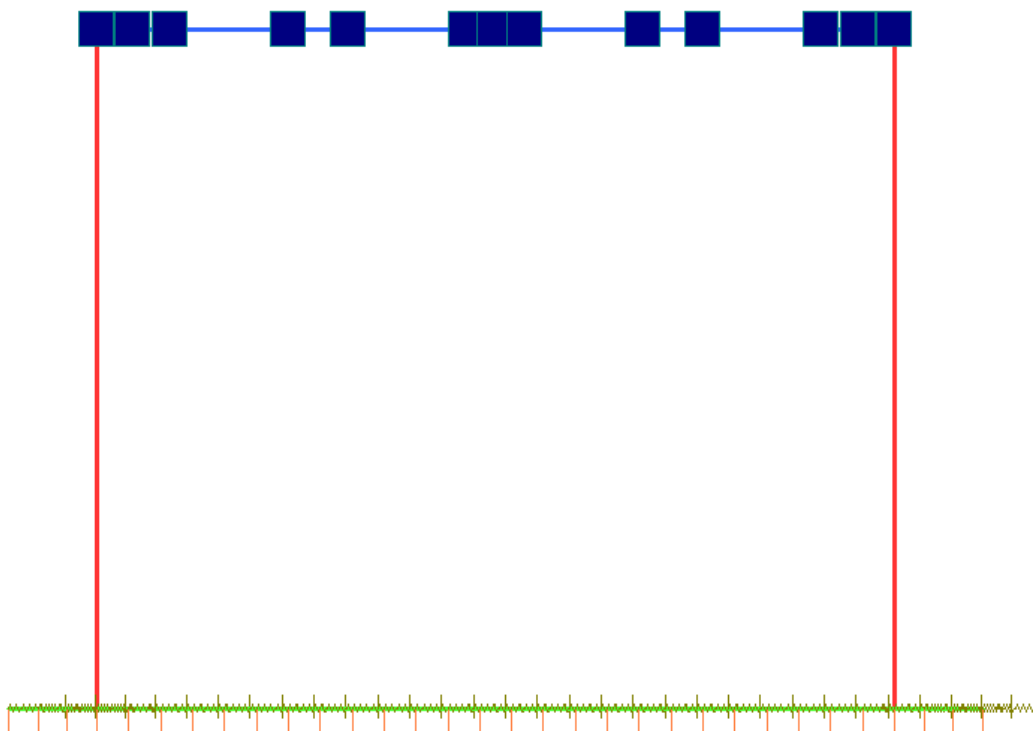


Figura 9 – Modello trasversale muri - Temperatura uniforme associata alla azione di ritiro

7.5 AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO VEICOLARE (Q)

Nome	Tipo	Y _Q (F _{av} / S _{fav})	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
TRAFFICO LM1 TS (ponti stradali)	Variabile da traffico	EQU 0.00 / 1.35 (A1) 0.00 / 1.35 (A2) 1.00 / 1.15	0.75	0.75	0.00
TRAFFICO LM1 UDL (ponti stradali)	Variabile da traffico	EQU 0.00 / 1.35 (A1) 0.00 / 1.35 (A2) 1.00 / 1.15	0.40	0.40	0.00

7.5.1 Carichi verticali (q₁)

7.5.1.1 Modelli da carico ordinari LM1, LM2, LM4

Nel caso in esame, si fa riferimento ai carichi da “ponte stradale con il loro intero valore” (§5.3.3.4), secondo il §5 delle NTC 2018.

Coerentemente con quanto indicato al §5.1.3.3 delle NTC 2018 e in accordo alla UNI EN 1991-2, le azioni variabili del traffico per modelli di carico ordinari (LM1, LM2, LM4) sono definite per le seguenti corsie e schemi di carico:

IV04 - Scatolare di approccio alla
spalla S2 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	37

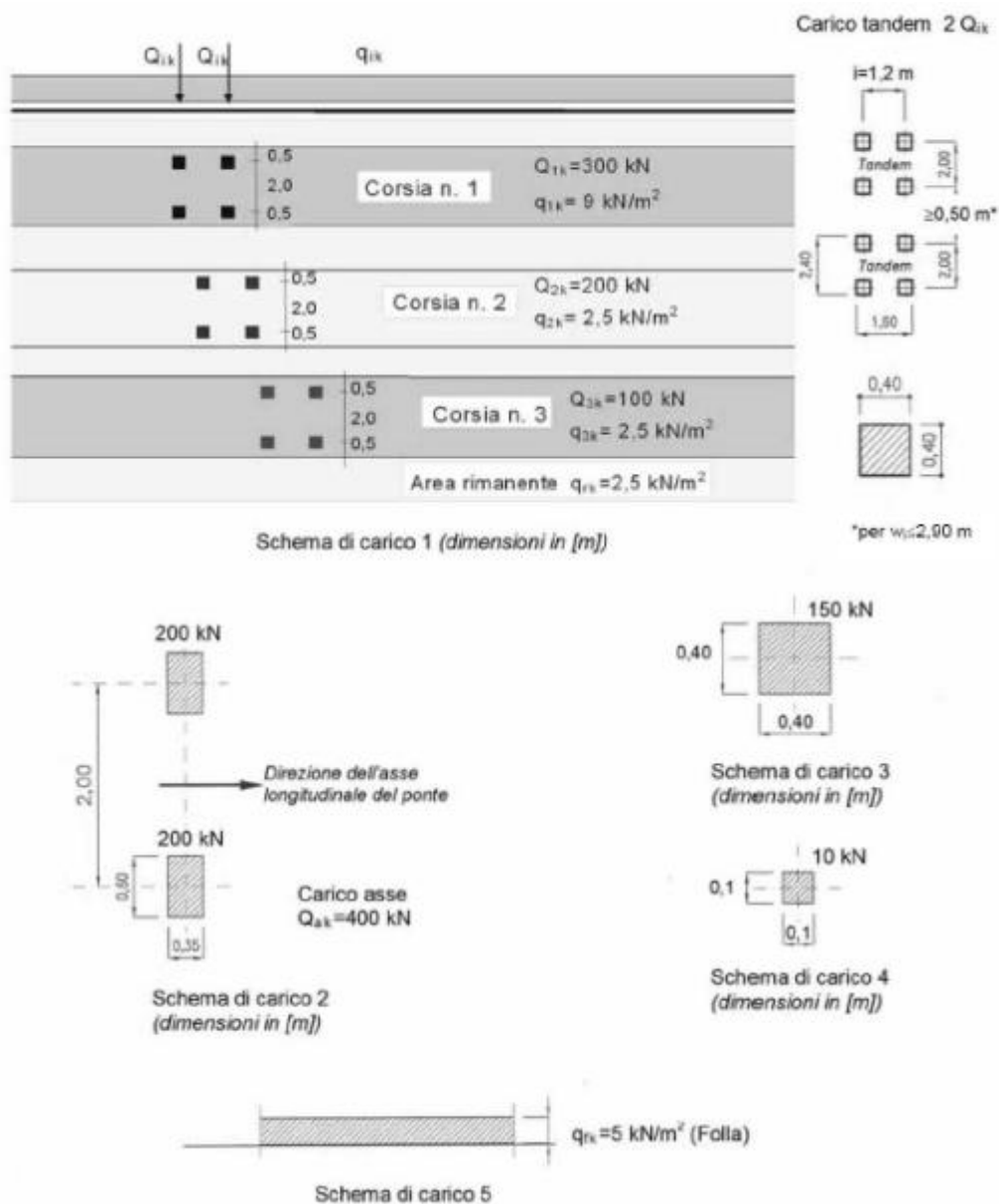


Fig. 5.1.2 - Schemi di carico 1 – 5 (dimensioni in m)

LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

$q_i = 2 \cdot Q_i / ((1.60 + 2 \cdot D) \cdot (2.40 + 2 \cdot D)) + q_i / L_{Ti}$	pressione carichi TS e UDL corsia i-esima
H, S	spessore reinterro e spessore soletta
φ_s, φ_t	angolo ripartizione carichi nel terreno e in soletta
$D = S \cdot \tan \varphi_s + H \cdot \tan \varphi_t$	distanza trasversale o longitudinale di diffusione carichi TS
L_{Ti}	lunghezza trasversale corsia i-esima

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	39

Carichi accidentale da traffico Modello trasversale	
Carichi tandem	
Q_{k1} (kN)	300
Q_{k2} (kN)	200
Q_{k3} (kN)	100
Carichi distribuiti	
q_{k1} (kN/m)	9
q_{k2} (kN/m)	2,50
q_{k3} (kN/m)	2,50
q_{k4} (kN/m)	2,50
Distribuzione tandem	
SRmedio	0,46
Llong	3,43
Ltrasv	3
Q_{k1} (kN/m ²)	58,39
Q_{k2} (kN/m ²)	38,93
Q_{k3} (kN/m ²)	19,46
Carichi sulla soletta	
$(Q_{k1} + q_{k1})$	67,39
$(Q_{k2} + q_{k2})$	41,43
$(Q_{k3} + q_{k3})$	21,96
q_{k4}	2,50

IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	40

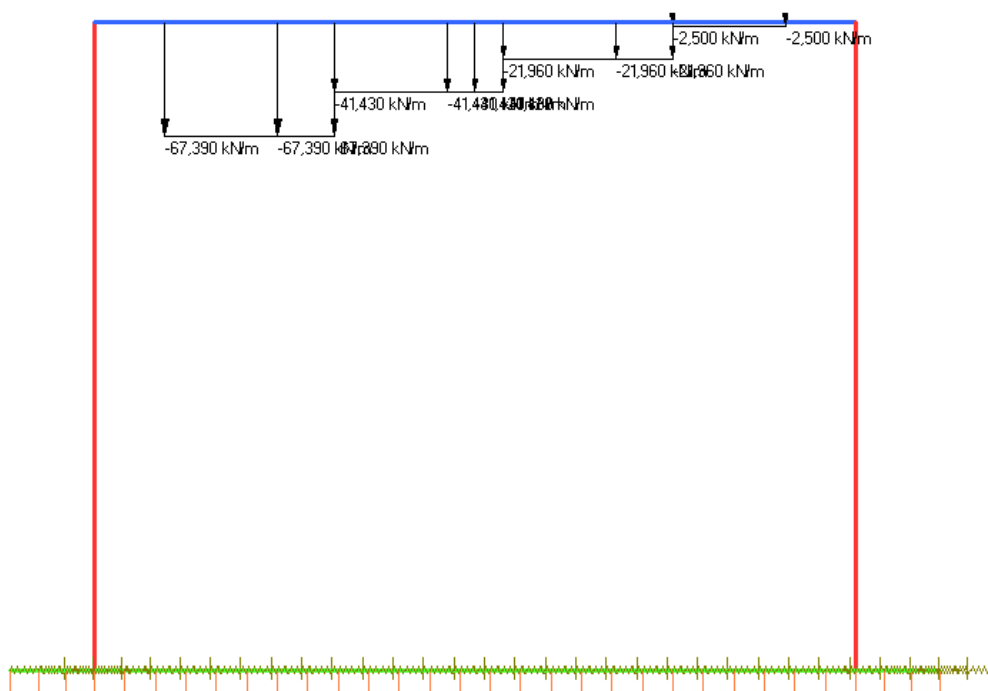


Figura 12 – Modello trasversale muri – Azioni sul solettone copertura – condizione carico 1

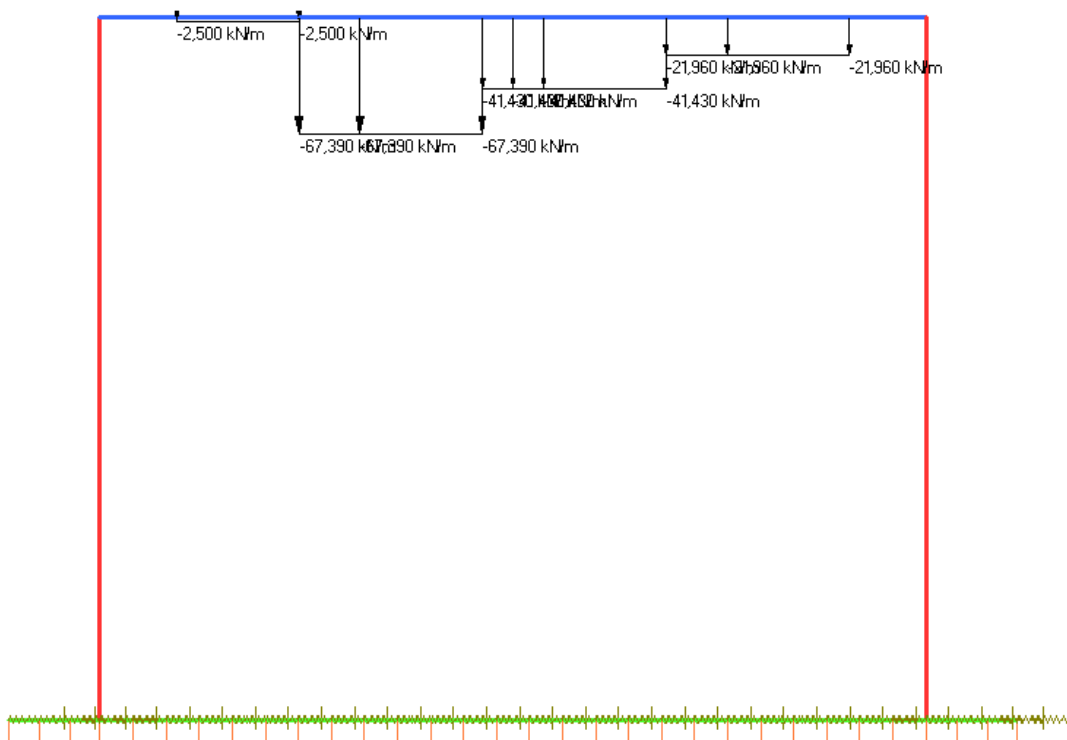


Figura 13 – Modello trasversale muri – Azioni sul solettone copertura – condizione carico 2

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	41

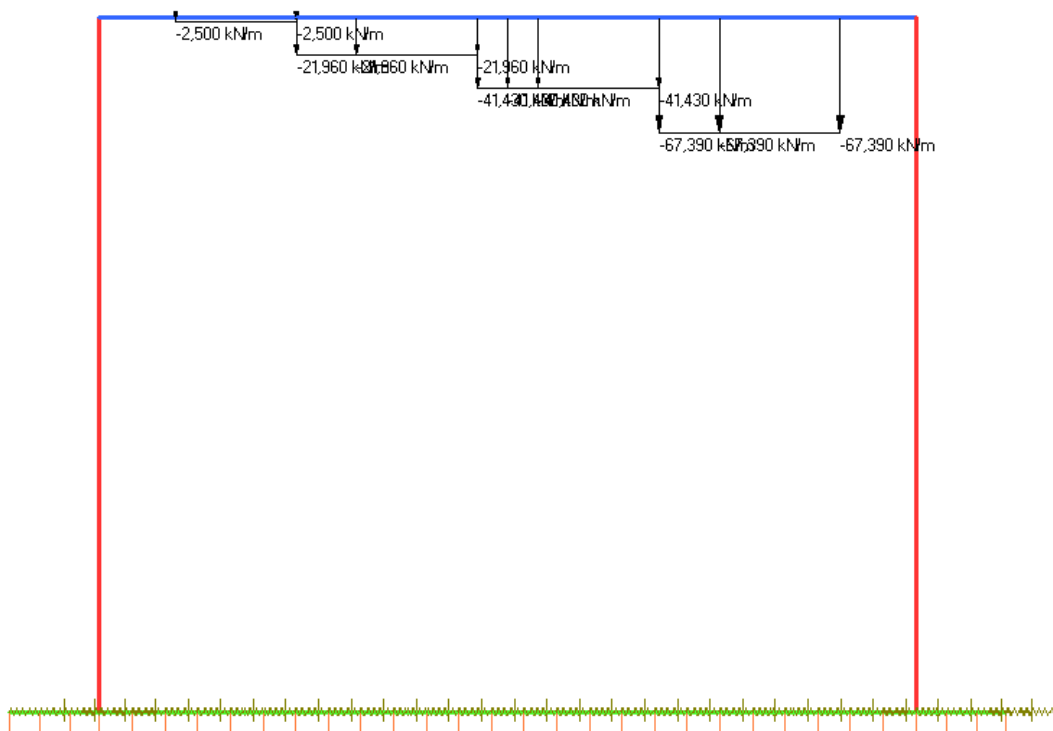


Figura 14 – Modello trasversale muri – Azioni sul solettone copertura – condizione carico 3

7.5.2 Incremento dinamico addizionale (q_2)

Dato lo spessore di ricoprimento al di sopra della soletta di impalcato, non si considerano specifici incrementi dinamici locali per i carichi verticali da traffico.

7.5.3 Azioni longitudinale di frenamento o accelerazione (q_3)

Nome	Tipo	Y_Q (F_{av} / S_{fav})	ψ_0	ψ_1	ψ_2
FRENATURA (ponti stradali)	Variabile da traffico	EQU 0.00 / 1.35 (A1) 0.00 / 1.35 (A2) 1.00 / 1.15	-	-	-

7.5.3.1 Soletta interrata ad alto ricoprimento

Con riferimento al §C5.1.3.3.5.2 della Circolare 2009, in coerenza con il progetto di opere geotecniche come spalle e muri di sostegno di rilevati, dato lo spessore di reinterro non si considerano azioni orizzontali di frenamento o accelerazione.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	42

7.5.4 Azione centrifuga (q_4)

Nome	Tipo	Y_Q (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
CENTRIFUGA (ponti stradali)	Variabile da traffico	EQU 0.00 / 1.35 (A1) 0.00 / 1.35 (A2) 1.00 / 1.15	-	-	-

Nei ponti con asse curvo di raggio R l'azione centrifuga corrispondente ad ogni colonna di carico si valuta convenzionalmente come indicato in tab.5.1.III , essendo $Q_v = \sum_i 2 \cdot Q_{ik}$ il carico totale associato agli assi tandem dello schema di carico 1.

L'azione centrifuga e il momento ad essa associato sono applicati al modello sotto forma di carichi distribuiti.

Azione centrifuga q_4	
Raggio curvatura (m)	275,96
Q_{kv} (kN)	1200,00
Q_{k4} (kN)	173,94
L	3,43
q_{k4} (kN/m)	3,82
h	1,11
M (kNm/m)	4,22

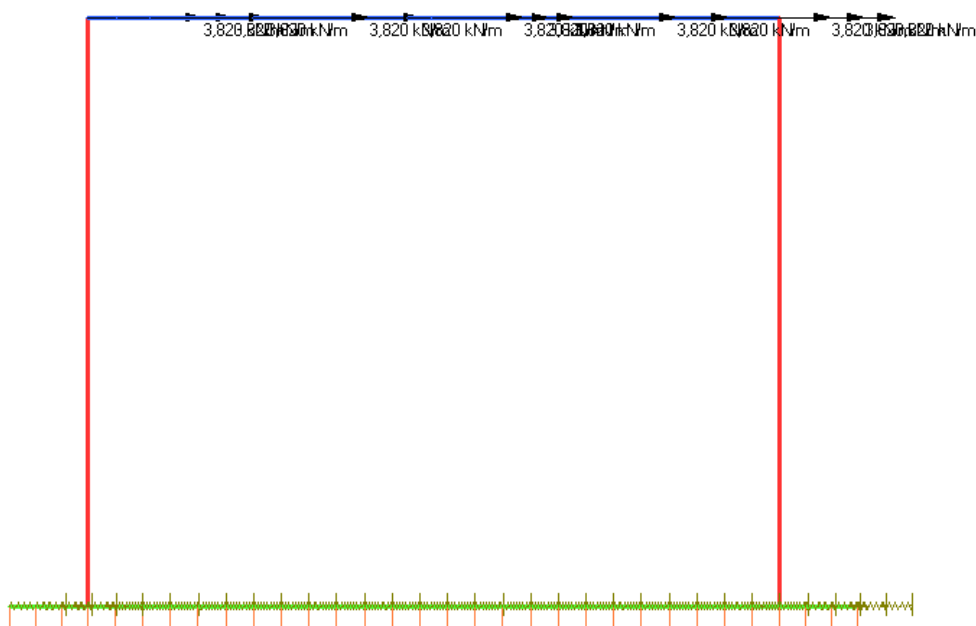


Figura 15 – Modello trasversale muri – Azione da traffico centrifuga

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	43

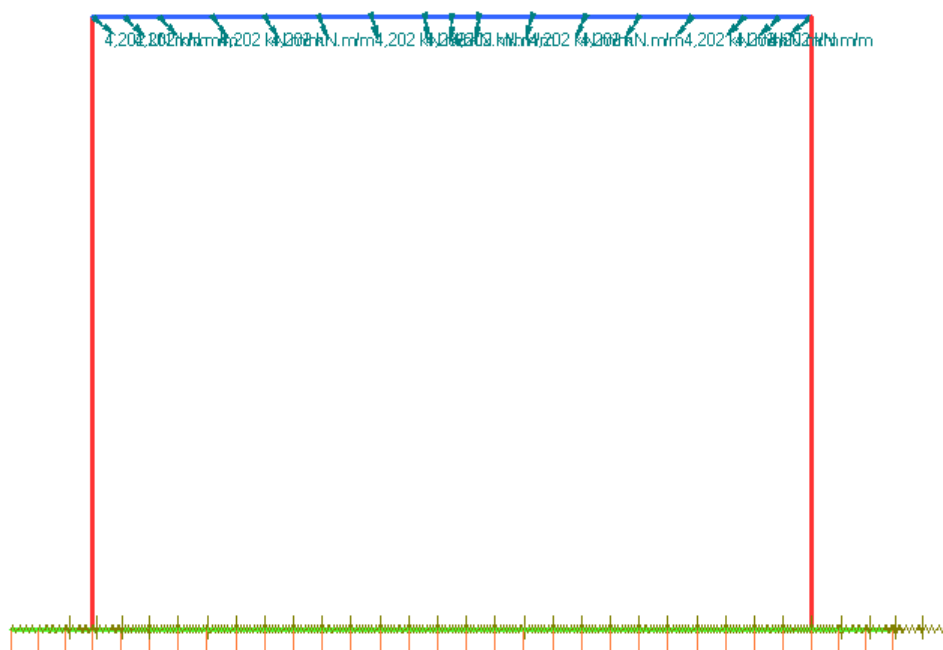


Figura 16 – Modello trasversale muri – Momento da azione da traffico centrifuga

7.6 AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO VEICOLARE GENERICO (Q)

Nome	Tipo	Y _Q (Fav / Sfav)	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
TRAFFICO (cat. G)	Variabile	EQU 0.00 / 1.50 (A1) 0.00 / 1.50 (A2) 0.00 / 1.30	0.70	0.50	0.30

7.6.1 Automezzi portata ridotta (categoria “G”)

Nel caso in esame, date le ridotte dimensioni geometriche della via di transito che comporta il passaggio di automezzi di portata ridotta, secondo il §3.1.4 ci si riferisce alla categoria “G” (rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso).

7.6.1.1 Azioni sopra la fondazione

Alla fondazione dello scatolare si applicano delle pressioni verticali per il passaggio di mezzi di lavoro. Si considera un sovraccarico convenzionale di cat. “G” pari a 20 kPa distribuito su tutta la lunghezza della fondazione.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.		MANDANTI HYpro									LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA			
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	44

7.7 AZIONI VARIABILI DA VENTO (Q)

Nome	Tipo	Y_Q (F_{av} / S_{fav})		ψ_0	ψ_1	ψ_2
VENTO (ponti stradali)	Variabile	EQU 0.00 / 1.50	a ponte scarico	0.60	0.20	0.00
		(A1) 0.00 / 1.50	a ponte carico	0.60	0.00	0.00
		(A2) 0.00 / 1.30	in esecuzione	0.80	0.00	0.00

Per la valutazione dei carichi da vento sulla struttura e sui veicoli che transitano al di sopra del piano viabile, si è ritenuto di modellare tale azione sulla base delle metodologie valide per i muri e i parapetti piani, coerentemente con quanto indicato al §3.3 delle NTC2008 e alle indicazioni del §G.5 delle CNR-DT 207/2008. Si è assunto grado di schermatura $\phi=1$ ed assenza di schermatura, come riportato nella seguente tabella.

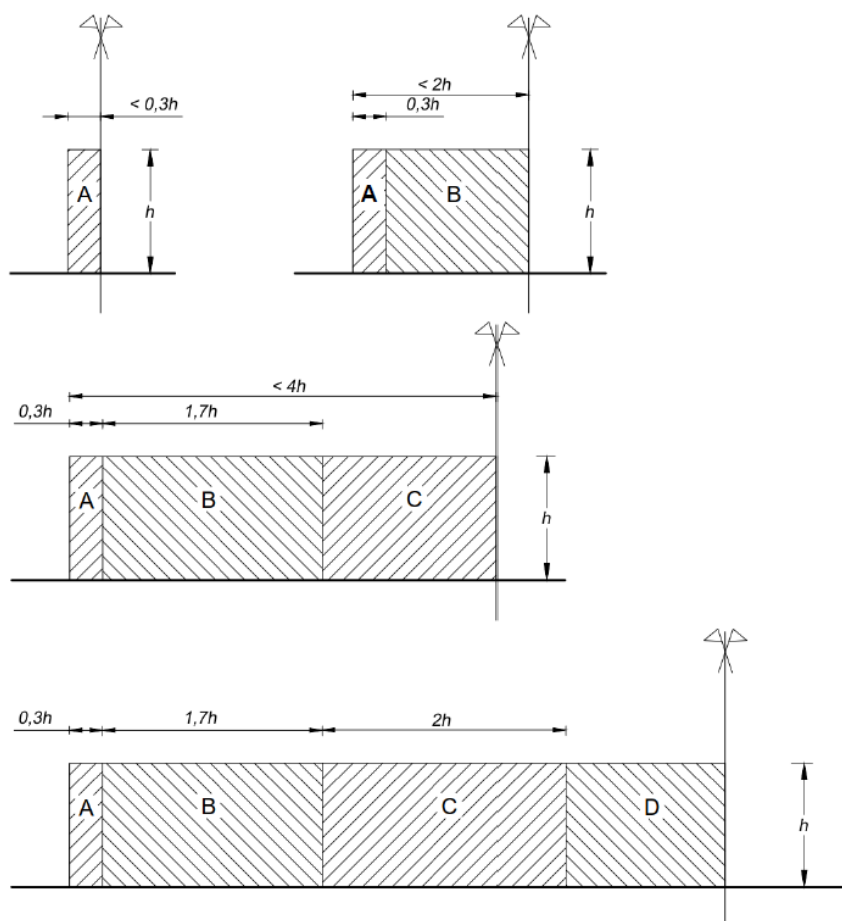


Figura G.21 – Suddivisione di muri e parapetti in aree di uguale pressione complessiva.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.R.L.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	45

Tabella G.X – Coefficienti di pressione complessiva per muri e parapetti.

φ	Chiusura laterale	l/h	A	B	C	D
1,0	no	<3	2,3	1,4	1,2	1,2
		5	2,9	1,8	1,4	
		>10	3,4	2,1	1,7	
	si	tutti	2,1	1,8	1,4	
0,8	si/no	tutti	1,2			

Figura 17 – Aree e coefficienti di pressione complessive media sull'elemento secondo CNR DT207 R1/2018

NOME: SCATOLARE DI APPROCCIO				CALCOLO AZIONI VENTO (CNR DT207 R1/2018)						Rev. 00	
Zona	3	(Tab. 3.I)		Categoria	3	(Tab. 3.II - 3.III)		T_r (anni)	75	tempo ritorno	
$v_{b,0}$ (m/s)	27,0	velocità base liv. mare		k_r	0,2	fattore terreno		c_r	1,04	coeff. tempo ritorno	
a_0 (m)	500	altitudine base		z_0 (m)	0,10	altezza rugosità					
k_a	0,37	fattore altitudine		z_{min} (m)	5,00	altezza minima		c_t	1,00	coeff. Topografia	
a_s (m)	4	altitudine sito		$c_e(z)$	vedi tabella		v_f (m/s)	28,0	velocità rifer. progetto		
c_a	1,00	coeff. altitudine									
				Valori globali		Valori locali					
z (m)	$c_e(z)$	q_p (N/m ²)	c_{pm}	p_n (kN/m ²)	c_{pm}	p_n (kN/m ²)					
15,00	2,41	1179	1,54	1,82	1,40	1,65					
14,00	2,36	1156	1,54	1,78	1,40	1,62					
13,00	2,31	1131	1,54	1,74	1,40	1,58					
12,00	2,26	1105	1,54	1,70	1,40	1,55					
11,00	2,20	1077	1,54	1,66	1,40	1,51					
10,00	2,14	1047	1,54	1,61	1,40	1,47					
9,00	2,07	1014	1,54	1,56	1,40	1,42					
8,00	2,00	977	1,54	1,50	1,40	1,37					
7,00	1,91	936	1,54	1,44	1,40	1,31					
6,00	1,82	890	1,54	1,37	1,40	1,25					
5,00	1,71	836	1,54	1,29	1,40	1,17					
4,00	1,71	836	1,54	1,29	1,40	1,17					
3,00	1,71	836	1,54	1,29	1,40	1,17					
2,00	1,71	836	1,54	1,29	1,40	1,17					
1,00	1,71	836	1,54	1,29	1,40	1,17					
0,00	1,71	836	1,54	1,29	1,40	1,17					
p_n (kN/m²) 0,501,502,50 z (m) c_{pm} 0,801,301,80 z (m)											
CALCOLO COEFFICIENTI PRESSIONE MEDIO PER PARETI ESTESE (CNR DT207 R1/2018 §G.5)											
h (m)	15,00	altezza del muro									
l (m)	30,00	lunghezza del muro									
l/h	2,00			l (m)	4,50	25,50	0,00	0,00	lunghezze settori		
c_{pm} medio	1,54	coeff. pressione medio ponderato per l muro		c_{pm}	2,30	1,40	1,20	1,20	coeff. pressione settori		
c_{pm} globali	1,54	coeff. pressione per verifiche globali		c_{pm} locale	1,40	coeff. pressione per verifiche locali					

Assumendo mediamente $h_1 = 12$ m quota estradosso impalcato nel punto più alto e $h_2 = 3$ m l'altezza della superficie di ingombro dei carichi transitanti dal piano della pavimentazione stradale, si considera l'azione del vento ad $h = 15$ m. In corrispondenza ad essa si ottiene un valore di pressione cinetica di picco del vento e pressione complessiva risultante:

$$q_p = 1.18 \text{ kN/m}^2$$

$$p_n = 1.18 \text{ kN/m}^2 \cdot 1.4 = 1.65 \text{ kN/m}^2.$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	46

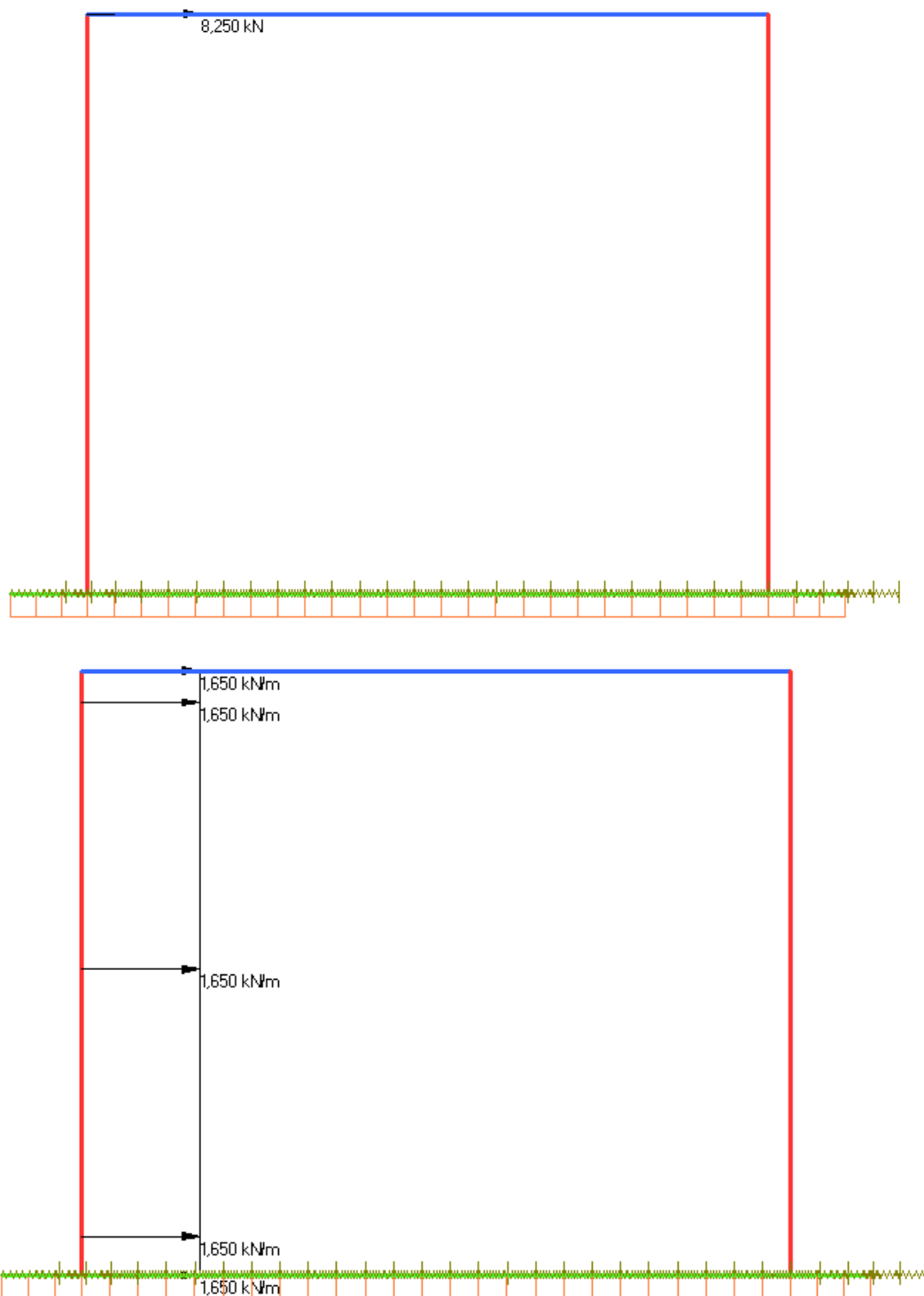


Figura 18 – Modello trasversale muri – Azioni da vento

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	47

7.8 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.

7.8.1 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 Chieuti / Chieuti (FG), Serracapriola- Loc.SS16 (FG).

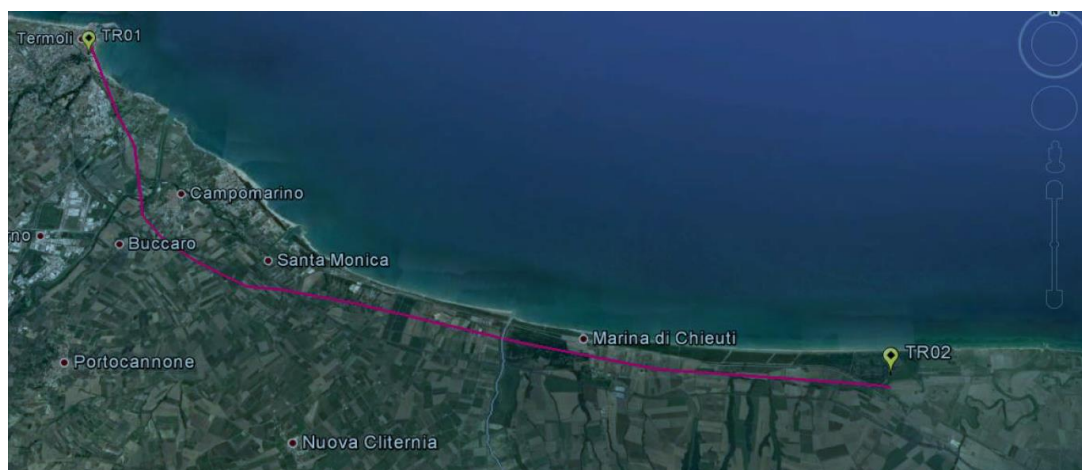


Figura 19- Configurazione planimetrica tracciato

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	48

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

Il viadotto stradale oggetto della presente relazione è posto in prossimità della progressiva di tracciato 17+700 e ricade pertanto nella zona sismica S3 nell’ambito sismico individuato come “Marina di Chieuti /Chieuti (FG)”.

ZONA SISMICA
LATITUDINE
LONGITUDINE
COMUNE
PROVINCIA

S3
41.92
15.16
Marina di Chieuti /Chieuti
FOGGIA

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

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:

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.		MANDANTI HY pro spa		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	49

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	68	0.071	2.498	0.313
SLD	113	0.089	2.534	0.324
SLV	1068	0.224	2.482	0.352
SLC	2193	0.293	2.461	0.358

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

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

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

- *Stato limite di danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e 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 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

Probabilità di superamento

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

Tempo di ritorno

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

7.8.2 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"

(§ 3.2.2, Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Categoria topografica

"T1"

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

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	50

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	$1.0 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
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:

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	51

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

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

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

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

T periodo di vibrazione verticale [s]
 $S_{ve}(T)$ accelerazione spettrale verticale [m/s²]
 $F_v = 135 \cdot F_0 \cdot (a_g/g)^{0.5}$ 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 sovreresistenza, 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 $S_d(T) \geq 0,2a_g$.

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 $q = 1.00$.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro spa		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	52

7.8.2.1 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:

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

$$\alpha = L/H$$

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

$$0.30 < v_k < 0.60$$

$$q_0(v_k) = q_0(v_k=0.3) - (v_k/0.3-1) \cdot (q_0(v_k=0.3)-1)$$

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

sollecitazione di compressione normalizzata

$$N_{Ed}$$

sforzo di progetto

$$A_c \cdot f_{ck}$$

resistenza a compressione semplice della sezione

In accordo al §7.9.2 delle NTC 2008, per le verifiche strutturali dei muri scatolari si considera coefficiente di struttura $q_0 = 1.00$.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	53

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.224 g
F_{a_g}	2.482
T_c	0.352 s
S_s	1.177
C_c	1.355
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.177
η	1.000
T_B	0.159 s
T_C	0.477 s
T_D	2.498 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.264
T_B	0.159	0.656
T_C	0.477	0.656
	0.573	0.546
	0.670	0.467
	0.766	0.409
	0.862	0.363
	0.958	0.327
	1.054	0.297
	1.151	0.272
	1.247	0.251
	1.343	0.233
	1.439	0.217
	1.536	0.204
	1.632	0.192
	1.728	0.181
	1.824	0.172
	1.920	0.163
	2.017	0.155
	2.113	0.148
	2.209	0.142
	2.305	0.136
	2.402	0.130
T_D	2.498	0.125
	2.569	0.118
	2.641	0.112
	2.712	0.106
	2.784	0.101
	2.855	0.096
	2.927	0.091
	2.999	0.087
	3.070	0.083
	3.142	0.079
	3.213	0.076
	3.285	0.072
	3.356	0.069
	3.428	0.067
	3.499	0.064
	3.571	0.061
	3.642	0.059
	3.714	0.057
	3.785	0.055
	3.857	0.053
	3.928	0.051
	4.000	0.049

Tabella 19 - Parametri dello spettro di risposta orizzontale allo SLV

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	54

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.144 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	1.587
S	1.000
η	1.000

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.144
T_B	0.050	0.356
T_C	0.150	0.356
	0.235	0.227
	0.320	0.167
	0.405	0.132
	0.490	0.109
	0.575	0.093
	0.660	0.081
	0.745	0.072
	0.830	0.064
	0.915	0.058
T_D	1.000	0.053
	1.094	0.045
	1.188	0.038
	1.281	0.033
	1.375	0.028
	1.469	0.025
	1.563	0.022
	1.656	0.019
	1.750	0.017
	1.844	0.016
	1.938	0.014
	2.031	0.013
	2.125	0.012
	2.219	0.011
	2.313	0.010
	2.406	0.009
	2.500	0.009
	2.594	0.008
	2.688	0.007
	2.781	0.007
	2.875	0.006
	2.969	0.006
	3.063	0.006
	3.156	0.005
	3.250	0.005
	3.344	0.005
	3.438	0.005
	3.531	0.004
	3.625	0.004
	3.719	0.004
	3.813	0.004
	3.906	0.004
	4.000	0.003

Tabella 20 - Parametri dello spettro di risposta verticale allo SLV

IV04 - Scatolare di approccio alla
spalla S2 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	55

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

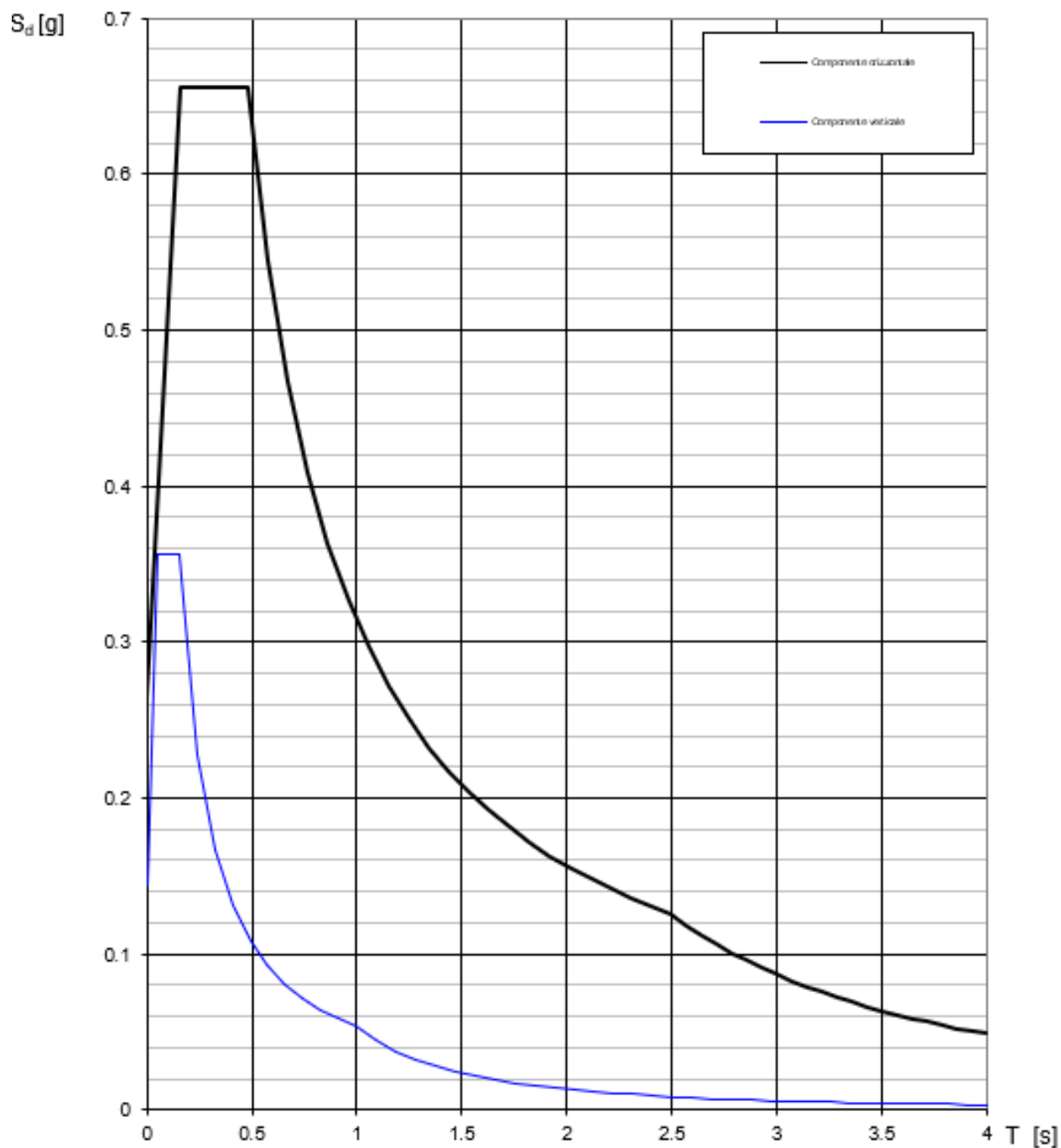


Figura 20 - Spettri di risposta elastici (componente orizzontale e verticale)

IV04 - Scatolare di approccio alla
spalla S2 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	56

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

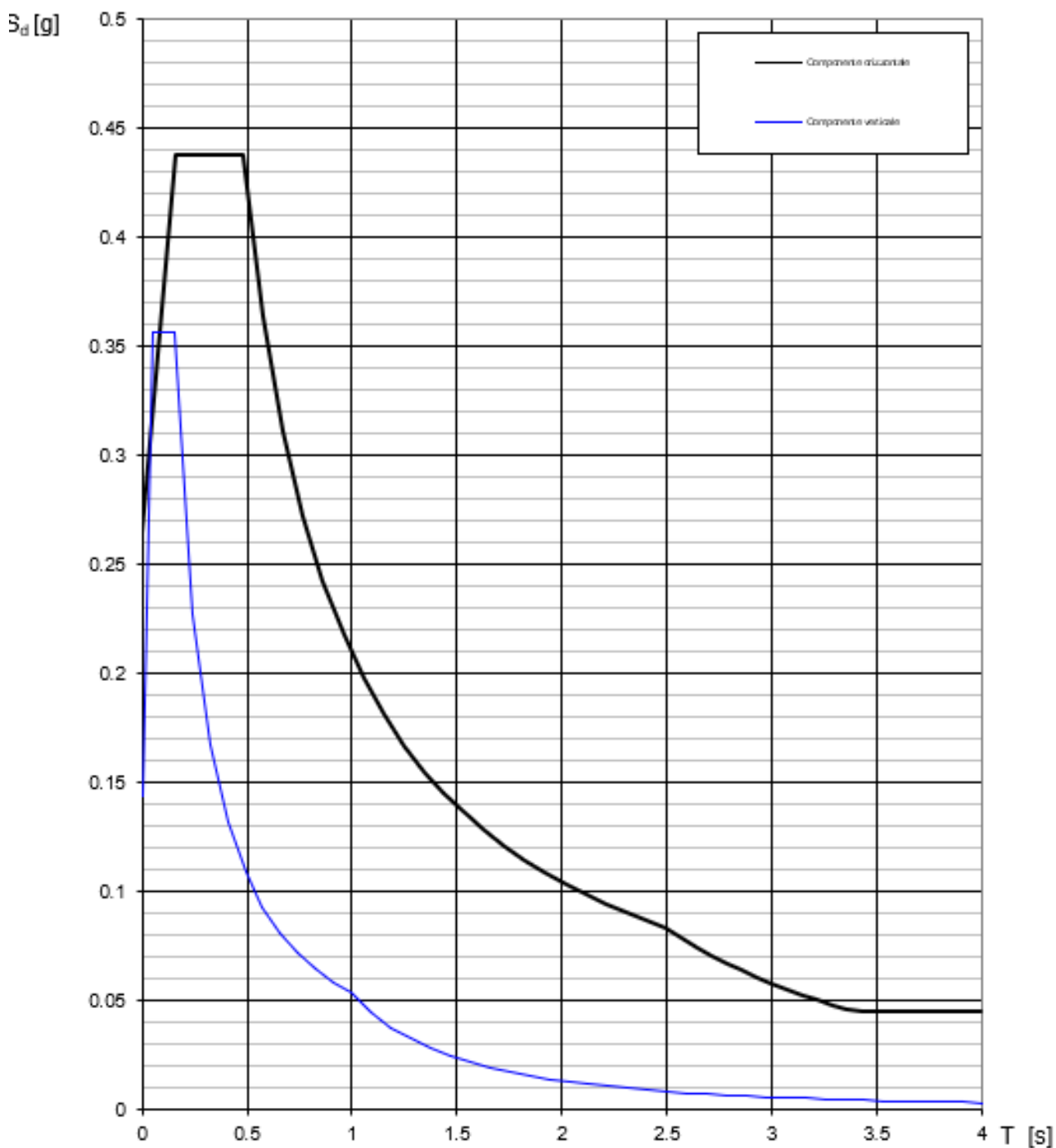


Figura 21- Spettri di risposta di progetto (componente orizzontale e verticale)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	57	

7.8.3 Amplificazione sismica di progetto

7.8.3.1 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)
$S_S = 1.177$	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.”

7.8.3.2 Azioni inerziali masse

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

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

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

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

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

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	58

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

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

$E_x = G \cdot k_h$ azione inerziale orizzontale

$E_y = G \cdot k_v$ azione inerziale verticale

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

7.8.4 Sovraspinte 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.

7.8.4.1 Azioni inerziali masse

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

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

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

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

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

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:

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

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	59	

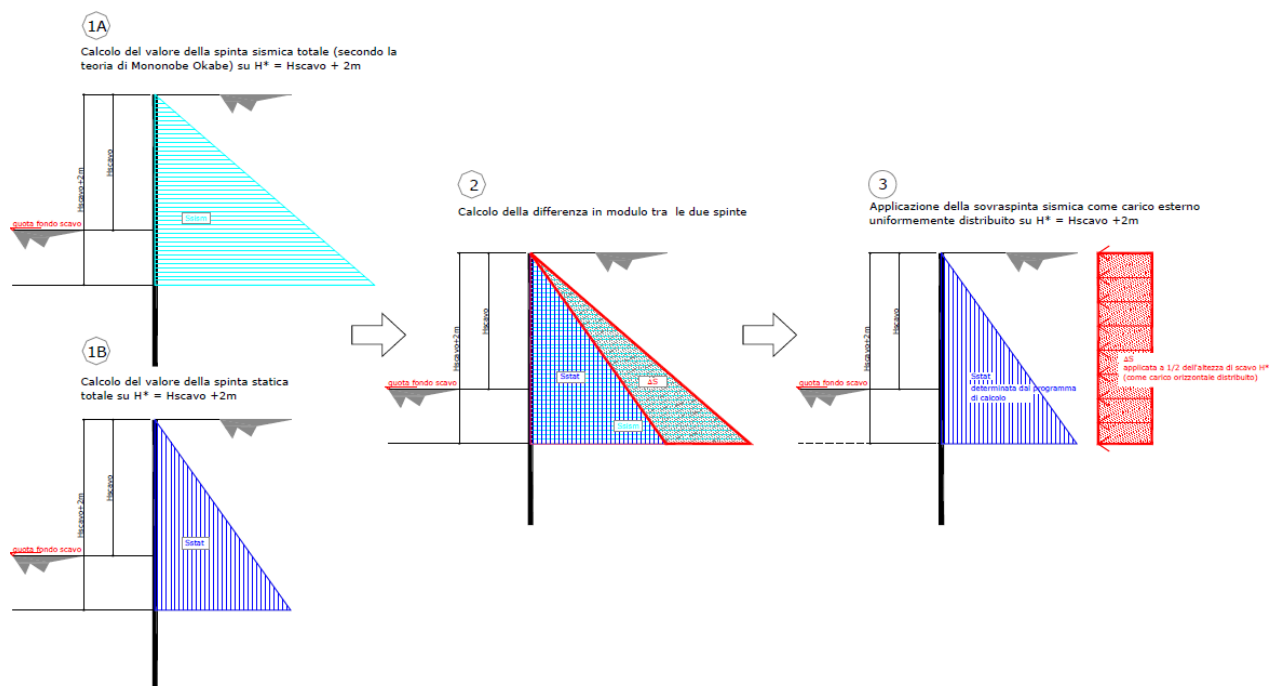


Figura 22 - Schema di calcolo sovraspinte dinamiche terreno

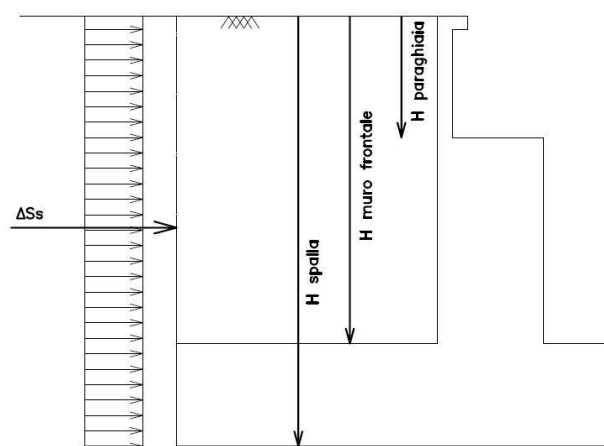


Figura 23: Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

Nelle tabelle a seguire si riportano i valori associati alle azioni sismiche per ciascuno degli elementi in esame.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	60

Parametri sismici	
PGA orizzontale a_g (g)	0,224
Coeff. stratigrafico S_s	1,177
Coeff. sismico orizz. k_h	0,2636
Coeff. sismico vert. k_v	0,1318

Modello trasversale - Azioni sismiche	
Verticali	
Pesi Permanenti Strutturali (G1)	
Soletta superiore(kN/m)	4,28
Soletta inferiore (kN/m)	4,94
Muri laterali (kN/m)	3,95
Pesi Permanenti Non Strutturali (G2)	
Cordolo dx (kN/m)	0,56
Cordolo sx (kN/m)	3,03
Riempimento dx(kN/m)	0,23
Riempimento sx(kN/m)	2,41
Velette (kN/m)	0,33
Parapetto (kN/m)	0,13
Barriera sicurezza (kN/m)	0,20
Trasversali	
Pesi Permanenti Strutturali (G1)	
Soletta superiore(kN/m)	8,57
Soletta inferiore (kN/m)	9,89
Muri laterali (kN/m)	7,91
Pesi Permanenti Non Strutturali (G2)	
Cordolo dx (kN/m)	1,12
Cordolo sx (kN/m)	6,06
Riempimento dx(kN/m)	0,46
Riempimento sx(kN/m)	4,81
Velette (kN/m)	0,66
Parapetto (kN/m)	0,26
Barriera sicurezza (kN/m)	0,40

**IV04 - Scatolare di approccio alla
spalla S2 – Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	61

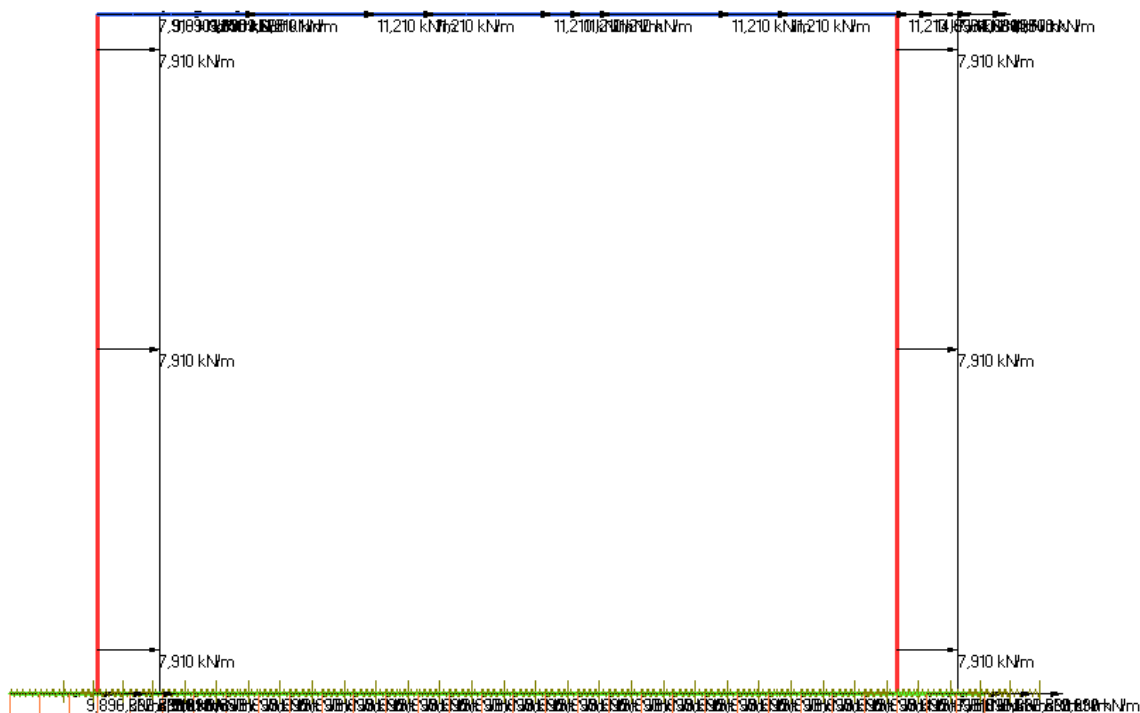


Figura 24 – Modello trasversale muri – Azioni sismiche orizzontali

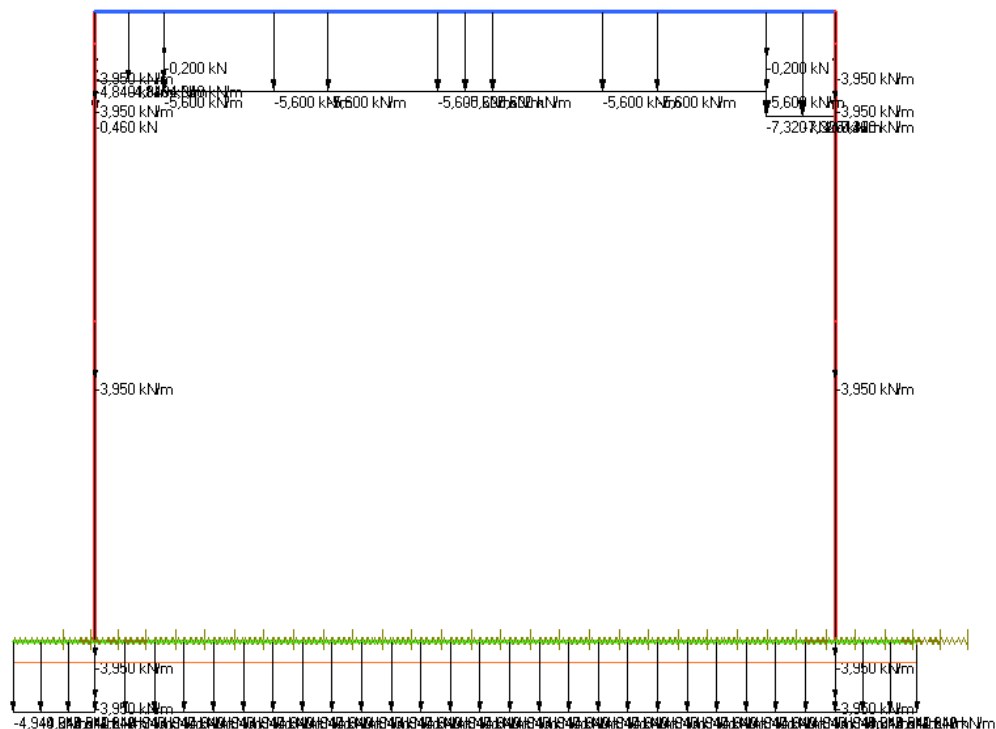


Figura 25 – Modello trasversale muri – Azioni sismiche verticali

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	62

7.9 AZIONI VARIABILI TERMICHE (Q)

Nome	Tipo	γ_Q (Fav / Sfav)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
TEMP (ponti stradali)	Variabili	EQU 0.00 / 1.50 (A1) 0.00 / 1.50 (A2) 0.00 / 1.30	0.60	0.60	0.50

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 struttura scatolare è assimilabile ad impalcato, pertanto si considera una variazione termica uniforme di $\pm 15^\circ$ relativa tra fondazione ed elevazioni (con fondazione assunta stabile), e una variazione termica non uniforme di $\pm 5^\circ \text{C}$ su tutti gli elementi strutturali.

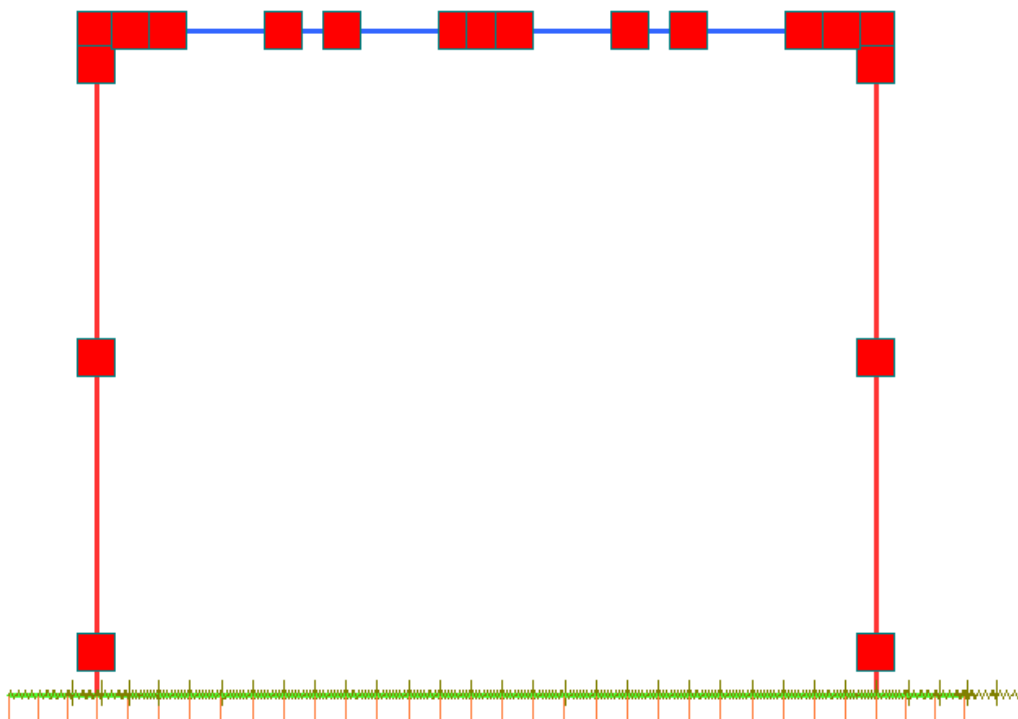


Figura 26 - Modello trasversale muri – Azione termica uniforme

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	63

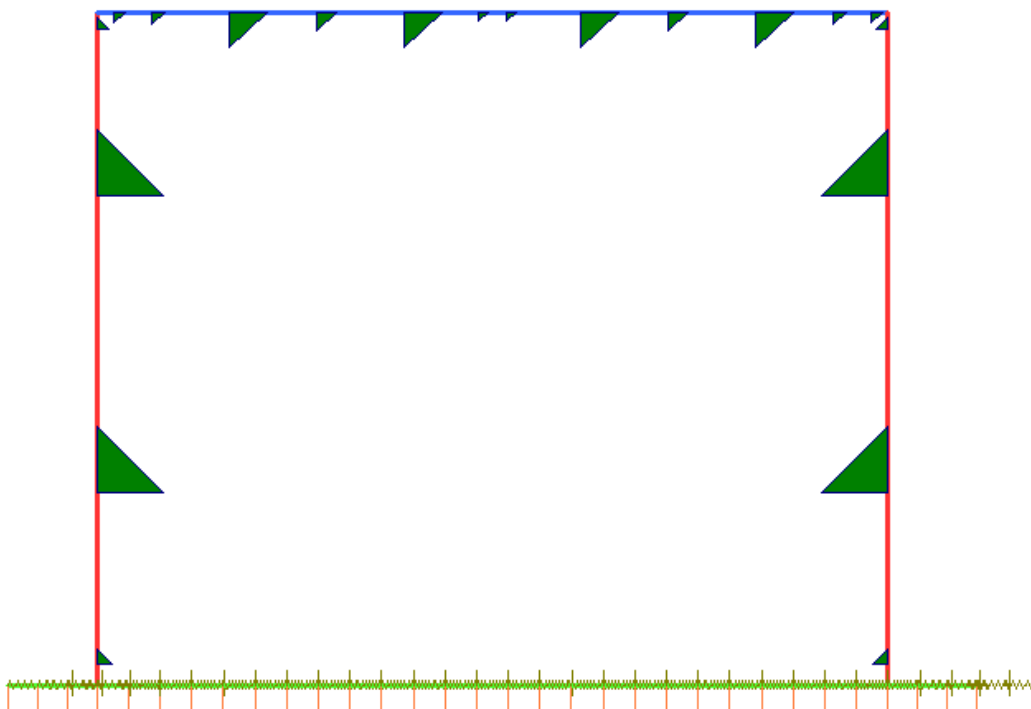


Figura 27 - Modello trasversale muri – Azione termica non uniforme

7.10 AZIONI ECCEZIONALI URTO DA TRAFFICO VEICOLARE (A)

Nome	Tipo	Y _Q (F _{av} / S _{fav})	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
SVIO REDIRETTIVO, SVIO BARRIERA (eccezionale)	Urto	EQU 0.00 / 1.00 (A1) 0.00 / 1.00 (A2) 0.00 / 1.00	-	-	-

Le azioni eccezionali (A_d) da considerare nel progetto, ovvero le azioni di urto da svio veicolare, sono valutate sulla base delle indicazioni contenute nel §3.6.3 e il §5.1.3.10 delle NTC2018.

Nel progetto deve essere considerata una combinazione di carico nella quale al sistema di forze orizzontali, equivalenti all'effetto dell'azione d'urto sulla barriera di sicurezza stradale, si associa un carico verticale isolato sulla sede stradale (Schema di Carico 2 per i ponti stradali), posizionato in adiacenza alla barriera stessa e disposto nella posizione più gravosa.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.		MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	64

7.10.1 Traffico veicolare sopra ponti (q_8)

Con riferimento al §3.6.3.3.2, in assenza di specifiche prescrizioni si può tener conto di una forza orizzontale equivalente di collisione pari a 100 kN, la quale rappresenta l'effetto dell'impatto in direzione trasversale orizzontale da trasmettere ai vincoli, ubicata a 1.00 m sopra il piano di marcia oppure a 0.10 m sotto la sommità dell'elemento se quest'ultimo risulta più basso.

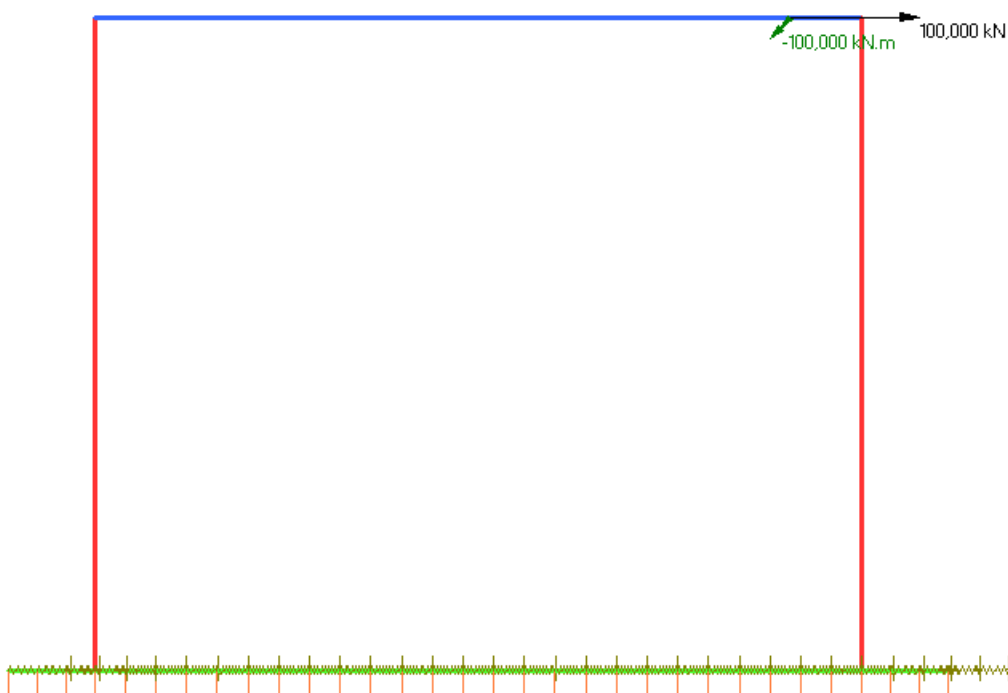


Figura 28 - Modello trasversale muri – Azione eccezionale urto veicolare

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.		MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	65

8. COMBINAZIONI DI CARICO

8.1 COMBINAZIONI DI CARICO ADOTTATE

Nel caso in esame, le azioni agenti sull'impalcato sono state combinate secondo i gruppi 1, 2a, 2b che comportano le maggiori sollecitazioni per le strutture in elevazione e in fondazione.

Tab. 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Gruppo di azioni	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5KN/m ²
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m ²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m ²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti pedonali
(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Tabella 21 – Schema dei gruppi di combinazioni per azioni di traffico (NTC 2018) – Ponti stradali

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}$, $\gamma_{\epsilon 3}$, $\gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.		MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	66

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

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 22 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU (NTC 2018) – Ponti stradali

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combi- nazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequent)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanent)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	—	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Tabella 23 - Coefficienti di contemporaneità delle azioni (NTC 2018) – Ponti stradali

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 $1,35 \cdot Gk1 + 1,50 \cdot Gk2b + 1,35 \cdot Gk2v + 1,50 \cdot Qk6 + 1,35 \cdot Qk2g$
- 7 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 0,9 \cdot Qk6 + 1,35 \cdot Qk2g$
- 8 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 0,9 \cdot Qk6 + 1,00 \cdot Qk2g$
- 9 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 0,8 \cdot Qk3a, i + 0,8 \cdot Qk3f, i + 1,00 \cdot Qk4 + 1,00 \cdot Qk5 + 0,6 \cdot Qk6 + 1,00 \cdot Qk1 + 1,00 \cdot Qk2g + 1,00 \cdot Qk2q$
- 10 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 1,00 \cdot Qk3a, i + 1,00 \cdot Qk3f, i + 0,8 \cdot Qk4 + 0,8 \cdot Qk5 + 0,6 \cdot Qk6 + 1,00 \cdot Qk1 + 1,00 \cdot Qk2g + 1,00 \cdot Qk2q$
- 11 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 1,00 \cdot Qk6 + 1,00 \cdot Qk2g$
- 12 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v$
- 13 $1,00 \cdot Gk1 + 1,00 \cdot Gk2b + 1,00 \cdot Gk2v + 1,00 \cdot Qk2g$

Figura 29 - Tipologie di combinazioni di carico

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro ITALIA			LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo			COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
			LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	67

SLU																		
GRUPPO 1																		
	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18
1: g1	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
2: g2 - Cordolo	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
3: g2 - Ricoprimento	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
4: g2 - barriera sicurezza	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
5: g2 - parapetto/rete	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
6: g2 - veletta	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
7: qk_cond1	1,35	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00
8: qk_cond2	0,00	1,35	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,01	0,00
9: qk_cond3	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,01
10: qk - folla1	1,35	1,35	0,00	0,54	0,54	0,00	0,54	0,54	0,00	1,35	1,35	0,00	0,54	0,54	0,00	0,54	0,54	0,00
11: qk - folla2	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,54
12: Centrifuga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13: Urto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14: T unif	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50	0,90	0,90	0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-1,50	-1,50	-1,50	-0,90	-0,90	-0,90
15: T grad	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50	0,90	0,90	0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-1,50	-1,50	-1,50	-0,90	-0,90	-0,90
16: Ritiro	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
17: Sisma V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18: Sisma T	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
19: Spinta terreno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20: E spinta terreno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21: Vento	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50

SLU																		
GRUPPO 2b																		
	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
1: g1	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
2: g2 - Cordolo	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
3: g2 - Ricoprimento	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
4: g2 - barriera sicurezza	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
5: g2 - parapetto/rete	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
6: g2 - veletta	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
7: qk_cond1	1,01	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00
8: qk_cond2	0,00	1,01	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,76	0,00
9: qk_cond3	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,76
10: qk - folla1	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
11: qk - folla2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12: Centrifuga	1,35	1,35	1,35	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,35	1,35	1,35	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
13: Urto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14: T unif	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50	0,90	0,90	0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-1,50	-1,50	-1,50	-0,90	-0,90	-0,90
15: T grad	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50	0,90	0,90	0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-1,50	-1,50	-1,50	-0,90	-0,90	-0,90
16: Ritiro	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
17: Sisma V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18: Sisma T	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
19: Spinta terreno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20: E spinta terreno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21: Vento	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro 36.11			LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo			COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
			LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	68

	SLU																	
	GRUPPO 1																	
	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLU41	SLU42	SLU43	SLU44	SLU45	SLU46	SLU47	SLU48	SLU49	SLU50	SLU51	SLU52	SLU53	SLU54
1: g1	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
2: g2 - Cordolo	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
3: g2 - Ricoprimento	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
4: g2 - barriera sicurezza	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
5: g2 - parapetto/rete	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
6: g2 - veletta	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
7: qk_cond1	1,35	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00
8: qk_cond2	0,00	1,35	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,01	0,00
9: qk_cond3	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	1,01
10: qk - folla1	1,35	1,35	0,00	0,54	0,54	0,00	0,54	0,54	0,00	1,35	1,35	0,00	0,54	0,54	0,00	0,54	0,54	0,00
11: qk - folla2	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,54
12: Centrifuga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13: Urto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14: T unif	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50	0,90	0,90	0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-1,50	-1,50	-1,50	-0,90	-0,90	-0,90
15: T grad	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50	0,90	0,90	0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-1,50	-1,50	-1,50	-0,90	-0,90	-0,90
16: Ritiro	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
17: Sisma V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18: Sisma T	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
19: Spinta terreno	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
20: E spinta terreno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21: Vento	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50

	SLU																	
	GRUPPO 2b																	
	SLU55	SLU56	SLU57	SLU58	SLU59	SLU60	SLU61	SLU62	SLU63	SLU64	SLU65	SLU66	SLU67	SLU68	SLU69	SLU70	SLU71	SLU72
1: g1	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
2: g2 - Cordolo	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
3: g2 - Ricoprimento	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
4: g2 - barriera sicurezza	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
5: g2 - parapetto/rete	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
6: g2 - veletta	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
7: qk_cond1	1,01	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00
8: qk_cond2	0,00	1,01	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,76	0,00
9: qk_cond3	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,76
10: qk - folla1	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
11: qk - folla2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12: Centrifuga	1,35	1,35	1,35	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,35	1,35	1,35	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
13: Urto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14: T unif	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50	0,90	0,90	0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-1,50	-1,50	-1,50	-0,90	-0,90	-0,90
15: T grad	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50	0,90	0,90	0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-1,50	-1,50	-1,50	-0,90	-0,90	-0,90
16: Ritiro	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
17: Sisma V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18: Sisma T	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
19: Spinta terreno	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
20: E spinta terreno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21: Vento	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,50	1,50	1,50

LINEA PESCARA – BARI

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

IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	69

[illegible][illegible]

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro ING. F. F.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	70

	ECCEZIONALE		SLE RA																	
			GRUPPO 1																	
	ECC1	ECC2	RA1	RA2	RA3	RA4	RA5	RA6	RA7	RA8	RA9	RA10	RA11	RA12	RA13	RA14	RA15	RA16	RA17	RA18
1: g1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2: g2 - Cordolo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3: g2 - Ricoprimento	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4: g2 - barriera sicurezza	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5: g2 - parapetto/rete	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6: g2 - veletta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7: qk_cond1	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00
8: qk_cond2	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00
9: qk_cond3	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75
10: qk - folla1	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,40	0,40	0,00	0,40	0,40	0,00	1,00	1,00	0,00	0,40	0,40	0,00	0,40	0,40	0,00
11: qk - folla2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,40
12: Centrifuga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13: Urto	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
14: T unif	0,50	-0,50	0,60	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-1,00	-1,00	-1,00	-0,60	-0,60	-0,60
15: T grad	0,50	-0,50	0,60	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-1,00	-1,00	-1,00	-0,60	-0,60	-0,60
16: Ritiro	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
17: Sisma V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18: Sisma T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19: Spinta terreno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20: E spinta terreno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21: Vento	0,00	0,00	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00

	SLE RA																		SLE QP	
	GRUPPO 2																			
	RA19	RA20	RA21	RA22	RA23	RA24	RA25	RA26	RA27	RA28	RA29	RA30	RA31	RA32	RA33	RA34	RA35	RA36	QP1	QP2
1: g1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2: g2 - Cordolo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3: g2 - Ricoprimento	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4: g2 - barriera sicurezza	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5: g2 - parapetto/rete	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6: g2 - veletta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7: qk_cond1	0,75	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
8: qk_cond2	0,00	0,75	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00
9: qk_cond3	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00
10: qk - folla1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11: qk - folla2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12: Centrifuga	1,00	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,00	0,00
13: Urto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14: T unif	0,60	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-1,00	-1,00	-1,00	-0,60	-0,60	-0,60	0,50	-0,50
15: T grad	0,60	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-1,00	-1,00	-1,00	-0,60	-0,60	-0,60	0,50	-0,50
16: Ritiro	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
17: Sisma V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18: Sisma T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19: Spinta terreno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20: E spinta terreno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21: Vento	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00

	ECCEZIONALE		SLE RA																					
			GRUPPO 1																					
	ECC3	ECC4	RA37	RA38	RA39	RA40	RA41	RA42	RA43	RA44	RA45	RA46	RA47	RA48	RA49	RA50	RA51	RA52	RA53	RA54				
1: g1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				
2: g2 - Cordolo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				
3: g2 - Ricoprimento	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				
4: g2 - barriera sicurezza	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				
5: g2 - parapetto/rete	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				
6: g2 - veletta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				
7: qk_cond1	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00				
8: qk_cond2	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00				
9: qk_cond3	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75				
10: qk - folla1	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,40	0,40	0,00	0,40	0,40	0,00	1,00	1,00	0,00	0,40	0,40	0,00	0,40	0,40	0,00				
11: qk - folla2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,40				
12: Centrifuga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
13: Urto	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				
14: T unif	0,50	-0,50	0,60	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-1,00	-1,00	-1,00	-0,60	-0,60	-0,60				
15: T grad	0,50	-0,50	0,60	0,60	0,60																			

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	71

	SLE RA																		SLE QP	
	GRUPPO 2																			
	RA55	RA56	RA57	RA58	RA59	RA60	RA61	RA62	RA63	RA64	RA65	RA66	RA67	RA68	RA69	RA70	RA71	RA72	QP3	QP4
1: g1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2: g2 - Cordolo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3: g2 - Ricoprimento	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4: g2 - barriera sicurezza	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5: g2 - parapetto/rete	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6: g2 - veletta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7: qk_cond1	0,75	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
8: qk_cond2	0,00	0,75	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00
9: qk_cond3	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00
10: qk - folla1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11: qk - folla2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12: Centrifuga	1,00	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,00	0,00
13: Urto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14: T unif	0,60	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-1,00	-1,00	-1,00	-0,60	-0,60	-0,60	0,50	-0,50
15: T grad	0,60	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-1,00	-1,00	-1,00	-0,60	-0,60	-0,60	0,50	-0,50
16: Ritiro	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
17: Sisma V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18: Sisma T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19: Spinta terreno	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20: E spinta terreno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21: Vento	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00

Figura 30 – Modello trasversale muri - Combinazioni di carico

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	72

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:

$$E_d \leq R_d$$

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

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

$\gamma_F \cdot F_k$ Azioni di progetto

X_k/γ_M Proprietà del materiale di progetto

a_d Geometria di progetto

γ_M Coefficiente parziale di sicurezza del materiale

9.1.1.0 Verifica a pressoflessione

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

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

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

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

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

9.1.1.1 Verifica a taglio

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

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

Elementi senza armature resistenti a taglio

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

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

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

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

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

d Altezza utile della sezione (mm)

b_w Larghezza minima della sezione (mm)

Elementi provvisti di armature resistenti a taglio

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	73	

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

Resistenza di calcolo a taglio

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

Resistenza a taglio-trazione

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

Resistenza a taglio-compressione

θ

Inclinazione puntoni di cls rispetto asse elemento ($1 \leq \cot \theta \leq 2.5$)

α

Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto asse elemento

A_{sw}

Area dell'armatura trasversale

s

Interasse tra due armature trasversali consecutive

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

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

α_c

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

9.1.2 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:

$$E_d \leq C_d$$

$$E_d = E(Y_F \cdot F_k; X_k/Y_M; a_d)$$

Valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$$C_d = C(Y_F \cdot F_k; X_k/Y_M; a_d)$$

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:

Calcestruzzo compresso Combinazione rara $\sigma_c < 0.55 \cdot f_{ck}$

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)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	74

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

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.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	75

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 HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	76

10. VERIFICA DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

10.1 CRITERI DI VERIFICA

Per le NTC 2018 le strutture a telaio scatolare interrate e fondate direttamente sul terreno possono essere analizzate e verificate secondo le specifiche previste per i muri di sostegno e le fondazioni dirette superficiali, ovvero secondo Approccio 2, combinazione (A1+M1+R3) e coefficienti di Tab. 6.4.I, con almeno le seguenti verifiche agli stati limite:

SLU di tipo geotecnico

- collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno (SLU GEO)
- collasso per scorrimento sul piano di posa (SLU GEO), nel caso di forte asimmetria delle spinte
- ribaltamento (SLU EQU), nel caso di forte asimmetria delle spinte

SLU di tipo strutturale

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali (SLU STR)

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Tabella 27 - Coefficienti parziali di sicurezza per le verifiche SLU geotecniche statiche (NTC 2018) – Fondazioni superficiali

Inoltre deve essere eseguita la verifica di stabilità globale del complesso opera-terreno secondo Approccio 1, combinazione (A2+M2+R2) e coefficienti di Tab. 6.8.I, come per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo:

SLU di tipo geotecnico

- stabilità globale del complesso opera-terreno (SLU GEO)

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Tabella 28 - Coefficienti parziali di sicurezza per le verifiche SLU geotecniche (NTC 2018) – Opere in materiali sciolti

10.1.1 Combinazioni sismiche

Si ripetono le stesse tipologie di verifiche di sicurezza statiche, in combinazione allo stato limite ultimo SLV e con coefficienti parziali sulle azioni (A) e sui parametri geotecnici (M) (§ 7.11.1) pari all'unità e con coefficienti parziali γ_R indicati nella tabella 7.11.II per le resistenze di progetto (R).

Ai fini della verifica allo scorrimento, si può considerare la resistenza passiva solo nel caso di effettiva permanenza di tale contributo, portando in conto un'aliquota non superiore al 50%.

Se, nel calcolo del carico limite, si considera esplicitamente l'effetto delle azioni inerziali sul volume di terreno significativo, il coefficiente γ_R può essere ridotto a 1.8.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.		MANDANTI HY pro spa		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	77

Tab. 7.11.II - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche degli stati limite (SLV) delle fondazioni superficiali con azioni sismiche

Verifica	Coefficiente parziale γ_R
Carico limite	2.3
Scorrimento	1.1
Resistenza sulle superfici laterali	1.3

Tabella 29 - Coefficienti parziali di sicurezza per le verifiche SLU geotecniche sismiche (NTC 2018) – Fondazioni superficiali

Nello stesso modo deve inoltre essere eseguita la verifica di stabilità globale del complesso opera-terreno, in accordo al §7.11.3.5 e §7.11.4, ponendo i coefficienti parziali sulle azioni (A) e sui parametri geotecnici (M) (§7.11.1) pari all'unità e un coefficiente parziale $\gamma_R = 1.2$ sulle resistenze di progetto (R).

In aggiunta devono essere condotte verifiche per lo stato limite di esercizio SLD, dove in particolare gli spostamenti permanenti indotti dal sisma devono essere compatibili con la funzionalità dell'opera e con quella di eventuali strutture o infrastrutture interagenti con essa.

10.2 VERIFICA A SCORRIMENTO (SLU GEO, SLV)

10.2.1 Foglio Excel

La verifica a scorrimento del piano di posa risulta superata se le azioni orizzontali totali H applicate sull'area di fondazione reagente netta B'L' inclinata di β_f , sono inferiori rispetto alla resistenza che si sviluppa per attrito e coesione efficace delle azioni verticali N sull'area stessa:

$$E_d \leq R_d$$

$$E_d = H \quad \gamma_F$$

azione orizzontali sollecitante di calcolo

$$R_d = ((N \cos \beta_f + H \sin \beta_f) \tan 'c' B' L') / \gamma_R$$

resistenza orizzontale totale di calcolo

$$H = \sqrt{H_B^2 + H_L^2} \cos \beta_f$$

azioni orizzontali totali sollecitanti

$$\gamma_R = 1.10 \quad \text{SLU GEO}$$

coefficiente di sicurezza a capacità portante

$$= 1.10 \quad \text{SLV}$$

Con riferimento al §7.11.5.3.1 delle NTC 2018, si può tener conto della resistenza lungo le superfici laterali nel caso di contatto diretto fondazione-terreno in scavi a sezione obbligata o di contatto diretto fondazione-calcestruzzo o fondazione-acciaio in scavi sostenuti da paratie o palancole.

10.3 VERIFICA A CAPACITÀ PORTANTE DELLA FONDAZIONE DIRETTA (SLU GEO, SLV)

10.3.1 Foglio Excel

La valutazione delle q_{lim} è condotta in accordo alla soluzione di Vesic (1973). Le formule utilizzate si riferiscono alla fondazione efficace equivalente ovvero quella fondazione rispetto alla quale il carico verticale N risulta centrato. La fondazione equivalente è caratterizzata dalle dimensioni B' e L', valutate con le formule:

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	78

$$B' = B - e_B = B - \frac{M_B}{N}$$

$$L' = L - e_L = L - \frac{M_L}{N}$$

La valutazione della capacità portante è svolta indipendentemente per le due direzioni e il valore di riferimento adottato come limite risulta il minore tra le due:

$$q_{lim} = \min(q_{lim,B'}, q_{lim,L'})$$

La valutazione della capacità portante limite di fondazioni superficiali in condizioni drenate avviene attraverso le seguenti relazioni:

$$q_{lim,B'} = q_{lim,\gamma B'} + q_{lim,qB'} + q_{lim,cB'}$$

$$q_{lim,L'} = q_{lim,\gamma L'} + q_{lim,qL'} + q_{lim,cL'}$$

$$q_{lim,\gamma B'} = \frac{1}{2} \cdot \gamma'_{cB'} \cdot B' \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma B'} \cdot d_{\gamma B'} \cdot i_{\gamma B'} \cdot g_{\gamma B'} \cdot b_{\gamma B'}$$

$$q_{lim,\gamma L'} = \frac{1}{2} \cdot \gamma'_{cL'} \cdot L' \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma L'} \cdot d_{\gamma L'} \cdot i_{\gamma L'} \cdot g_{\gamma L'} \cdot b_{\gamma L'}$$

$$q_{lim,qB'} = q \cdot N_q \cdot s_{qB'} \cdot d_{qB'} \cdot i_{qB'} \cdot g_{qB'} \cdot b_{qB'}$$

$$q_{lim,qL'} = q \cdot N_q \cdot s_{qL'} \cdot d_{qL'} \cdot i_{qL'} \cdot g_{qL'} \cdot b_{qL'}$$

$$q_{lim,cB'} = c' \cdot N_c \cdot s_{cB'} \cdot d_{cB'} \cdot i_{cB'} \cdot g_{cB'} \cdot b_{cB'}$$

$$q_{lim,cL'} = c' \cdot N_c \cdot s_{cL'} \cdot d_{cL'} \cdot i_{cL'} \cdot g_{cL'} \cdot b_{cL'}$$

N_{γ}, N_c, N_q	fattori di capacità portante
ϕ'	angolo di attrito
c'	coesione efficace
q'	pressione efficace alla quota di imposta della fondazione
B'	dimensione efficace minore della fondazione
L'	dimensione efficace maggiore della fondazione
N	carico agente in direzione normale alla base della fondazione
$e_B = M_B / N$	componente dell'eccentricità della risultante dei carichi nelle direzioni parallela a B
$e_L = M_L / N$	componente dell'eccentricità della risultante dei carichi nelle direzioni parallela a L
H_B	carico agente in direzione parallela al lato minore della fondazione
H_L	carico agente in direzione parallela al lato maggiore della fondazione
β_f	angolo d'inclinazione del piano di imposta della fondazione nella direzione di B
β_p	angolo di inclinazione della scarpata del rilevato nella direzione di B
Z_w	distanza tra la quota della falda e la quota imposta della fondazione
γ'	peso di volume sommerso del terreno sotto falda
γ	peso di volume naturale del terreno sopra falda

$$\gamma'_{cB'} = \gamma' + \frac{Z_w}{B'} \cdot (\gamma - \gamma') \geq \gamma'$$

$$\gamma'_{cL'} = \gamma' + \frac{Z_w}{L'} \cdot (\gamma - \gamma') \geq \gamma'$$

Peso di volume del terreno

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q + 1) \tan \phi'$$

Coefficiente di capacità portante

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \phi'} \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$i_{\gamma B'} = \left(1 - \frac{H_B}{N + B' \cdot L' \cdot c_a \cdot \cot \phi'} \right)^{m_{B'} + 1}$$

$$m_{L'} = m_{B'} = \frac{2 + B' / L'}{1 + B' / L'}$$

Coefficiente di inclinazione del carico

$$i_{\gamma L'} = \left(1 - \frac{H_L}{N + B' \cdot L' \cdot c_a \cdot \cot \phi'} \right)^{m_{L'} + 1}$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	79

$$i_{qB'} = \left(1 - \frac{H_B}{N+B' \cdot L' \cdot c_a \cdot \cot \varphi'}\right)^{m_{B'}}$$

$$i_{qL'} = \left(1 - \frac{H_L}{N+B' \cdot L' \cdot c_a \cdot \cot \varphi'}\right)^{m_{L'}}$$

$$i_{cB'} = i_{qB'} - \frac{1-i_{qB'}}{N_q-1}$$

$$i_{cL'} = i_{qL'} - \frac{1-i_{qL'}}{N_q-1}$$

$$s_{yB'} = 1 - 0.4 \cdot \frac{B'}{L'}$$

$$s_{yL'} = 1 - 0.4 \cdot \frac{L'}{B'}$$

Coefficienti di forma

$$s_{qB'} = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \tan \varphi'$$

$$s_{qL'} = 1 + \frac{L'}{B'} \cdot \tan \varphi'$$

$$s_{cB'} = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$$

$$s_{cL'} = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{L'}{B'}$$

$$d_{yB'} = 1$$

$$d_{yL'} = 1$$

Coefficiente di affondamento

$$d_{qB'} = \begin{cases} 1 + 2 \cdot \tan \varphi' \cdot (1 - \sin \varphi')^2 \cdot \frac{D}{B'} & \rightarrow \text{se } \frac{D}{B'} \leq 1 \\ 1 + 2 \cdot \tan \varphi' \cdot (1 - \sin \varphi')^2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D}{B'} \right) & \rightarrow \text{se } \frac{D}{B'} > 1 \end{cases}$$

$$d_{qL'} = \begin{cases} 1 + 2 \cdot \tan \varphi' \cdot (1 - \sin \varphi')^2 \cdot \frac{D}{L'} & \rightarrow \text{se } \frac{D}{L'} \leq 1 \\ 1 + 2 \cdot \tan \varphi' \cdot (1 - \sin \varphi')^2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D}{L'} \right) & \rightarrow \text{se } \frac{D}{L'} > 1 \end{cases}$$

$$d_{cB'} = \begin{cases} 1 + 0.4 \cdot \frac{D}{B'} & \rightarrow \text{se } \frac{D}{B'} \leq 1 \\ 1 + 0.4 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D}{B'} \right) & \rightarrow \text{se } \frac{D}{B'} > 1 \end{cases}$$

$$d_{cL'} = \begin{cases} 1 + 0.4 \cdot \frac{D}{L'} & \rightarrow \text{se } \frac{D}{L'} \leq 1 \\ 1 + 0.4 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D}{L'} \right) & \rightarrow \text{se } \frac{D}{L'} > 1 \end{cases}$$

$$g_{yB'} = g_{qB'} = (1 - \tan \beta_p)^2$$

$$g_{yL'} = g_{qL'} = (1 - \tan \beta_p)^2$$

Coefficiente di inclinazione piano campagna

$$g_{cB'} = 1 - \frac{\beta_p}{147^\circ}$$

$$g_{cL'} = 1 - \frac{\beta_p}{147^\circ}$$

$$b_{yB'} = b_{qB'} = (1 - \beta_f \cdot \tan \varphi')^2$$

$$b_{yL'} = b_{qL'} = (1 - \beta_f \cdot \tan \varphi')^2$$

Coefficiente di inclinazione base fondazione

$$b_{cB'} = b_{qB'} - \frac{(1 - b_{qB'})}{(N_c \cdot \tan \varphi')}$$

$$b_{cL'} = b_{qL'} - \frac{(1 - b_{qL'})}{(N_c \cdot \tan \varphi')}$$

10.3.1.1 Effetto di punzonamento sugli strati deboli

Per casi in cui il terreno di fondazione è costituito da diversi strati, di cui quello inferiore di scarse caratteristiche meccaniche rispetto al superiore, la rottura del terreno avviene con meccanismo detto a punzonamento.

Il calcolo della resistenza totale può essere svolto riportando sullo strato inferiore le pressioni sollecitanti e considerando sia il contributo resistente offerto dal cuneo di rottura tradizionale sullo strato inferiore, sia il contributo resistente offerto dalla resistenza passiva dello strato superiore al sollevamento del terreno.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORZILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	80	

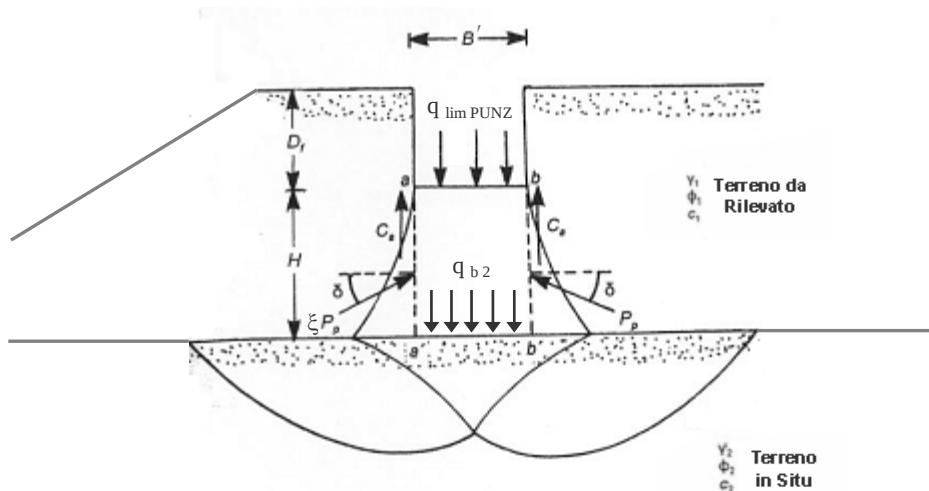


Figura 31 – Schema di rottura per punzonamento degli strati deboli al di sopra di uno strato rigido

La verifica di capacità portante risulta superata se:

$$E_d \leq R_d$$

$$E_d = q \cdot \gamma_F$$

azione verticale sollecitante di calcolo

$$R_d = q_{lim} / \gamma_R$$

resistenza di calcolo

$$q = \frac{N}{L \cdot B'}$$

pressione verticale sollecitante

$$q_{lim} = \min(q_{limB'}, q_{limL'}) + P_{punz}$$

resistenza verticale totale di calcolo

$$P_{punz}$$

resistenza passiva a punzonamento

$$\gamma_R = 2.30$$

SLU GEO

coefficiente di sicurezza a capacità portante

$$= 2.30$$

SLV

$$= 1.80$$

SLV con contributo effetti inerziali sul terreno

10.4 VERIFICHE GEOTECNICHE IN ESERCIZIO (SLE GEO, SLD)

10.4.1 Stima spostamenti dell'opera e del terreno

Alla luce delle NTC 2018, occorre verificare che agli stati limite di esercizio SLE gli spostamenti e le rotazioni massime della fondazione siano compatibili con i requisiti prestazionali delle strutture in elevazione.

Le verifiche verranno condotte con riferimento ai parametri caratteristici ed i coefficienti parziali sulle azioni (A) e sui parametri di resistenza (R) sempre unitari.

La verifica nei confronti dello stato limite di danno (SLD) può essere ritenuta soddisfatta impiegando le azioni corrispondenti allo SLD e determinando il carico limite di progetto con il coefficiente $\gamma_R = 2.3$ (riportato nella Tabella 7.11.II).

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.		MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	81

11. MODELLI DI CALCOLO

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

- 1) modello trasversale muri, implementato sulla sezione corrente trasversale dello scatolare; si schematizza la struttura con un modello agli elementi finiti a telaio piano, dove vengono valutate le sollecitazioni in direzione trasversale del solettone, dei muri laterali e del plinto in direzione trasversale;
- 2) modello longitudinale muri, implementato sulla sezione corrente longitudinale dello scatolare del passaggio di servizio; si schematizza la struttura con un modello agli elementi finiti a telaio piano, dove vengono valutate le sollecitazioni in direzione longitudinale del solettone, dei muri laterali e del plinto in direzione longitudinale;
- 3) modello locale della parete di chiusura dei muri esterni, implementato come un telaio piano e discretizzato con un modello agli elementi finiti;

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

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

Tabella 30 – 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.

11.1.1 Condizioni statiche

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

Si deve notare che essendo la struttura dei muri potenzialmente appoggiata alla fondazione su pali della spalla, si ipotizza che la struttura sia impedita di traslare rispetto al terreno, con spinte agenti in condizioni di esercizio assunte con coefficiente di spinta a riposo k_0 .

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico a tergo della struttura dei muri esterni, si considera un carico uniformemente distribuito di lunghezza indefinita con valore equivalente valutato sull'intera di carreggiata stradale caricata, come descritto nell'analisi dei carichi, senza amplificazione dinamica.

Le strutture di spalla e dei muri esterni scatolari a tergo sono state considerate come strutture parte del rilevato stradale, comportandosi in condizione sismica come opere a contatto ed interagenti con il terreno. Il giunto di separazione pertanto può chiudersi mettendo in aderenza i due corpi strutturali in direzione longitudinale ma non in direzione trasversale, dove può accadere lo scorrimento relativo tra le parti.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	82

A seguito di questo, è stata assunto che le spinte geostatiche sono interamente assorbite dai muri esterni scatolari retrostanti la spalla in quanto, durante la formazione del rilevato fino a quota del solettone di copertura, i muri esterni scatolari realizzano il primo contrasto diretto verso le spinte del terreno a tergo.

La struttura dei muri è quindi soggetta alle spinte geostatiche del terreno fino a quota solettone di copertura.

Di conseguenza, solo le azioni applicate successivamente sul rilevato a tergo muri esterni o su entrambi i corpi strutturali, una volta che terminata la fase costruttiva transitoria con la chiusura del giunto di separazione, possono quindi applicarsi alla struttura di spalla. Essa presenta infatti il vincolo orizzontale a terra più rigido, essendo fondata su pali profondi, e si trascura a favore di sicurezza l'attrito in direzione longitudinale tra fondazione dei muri esterni e terreno di base.

La struttura dei muri di spalla è quindi soggetta alle spinte permanenti del ricoprimento sopra solettone e alle spinte accidentali dei sovraccarichi da traffico.

11.1.2 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 se presente.

La struttura dei muri è quindi soggetta alle sovraspinte sismiche dell'intero rilevato a tergo dei muri esterni.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	83

12. ANALISI TRASVERSALE MURI

Di seguito si riportano le analisi e le verifiche della struttura scatolare dietro alla spalla denominata S01. La struttura scatolare in c.a. è costituita da una camera di dimensioni interne 7.05m (larghezza) x 9.50m (altezza) aventi uno spessore strutturale per la parte in elevazione pari a 1.30m per la soletta e 1.20m per i piedritti, e per la parte in fondazione pari a 1.50m.

12.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO FEM

Per la determinazione delle sollecitazioni che interessano la struttura è stato realizzato un modello agli elementi finiti. La struttura è stata trattata come un portale costituito dal solettone superiore e i muri laterali, vincolata alla base con un solettone inferiore, modellato come una trave continua su letto di molle, per tutti gli elementi si considera una larghezza di 1.00 m.

Si riporta di seguito una descrizione del modello FEM comprensivo di tutti gli elementi strutturali costituenti la struttura scatolare.

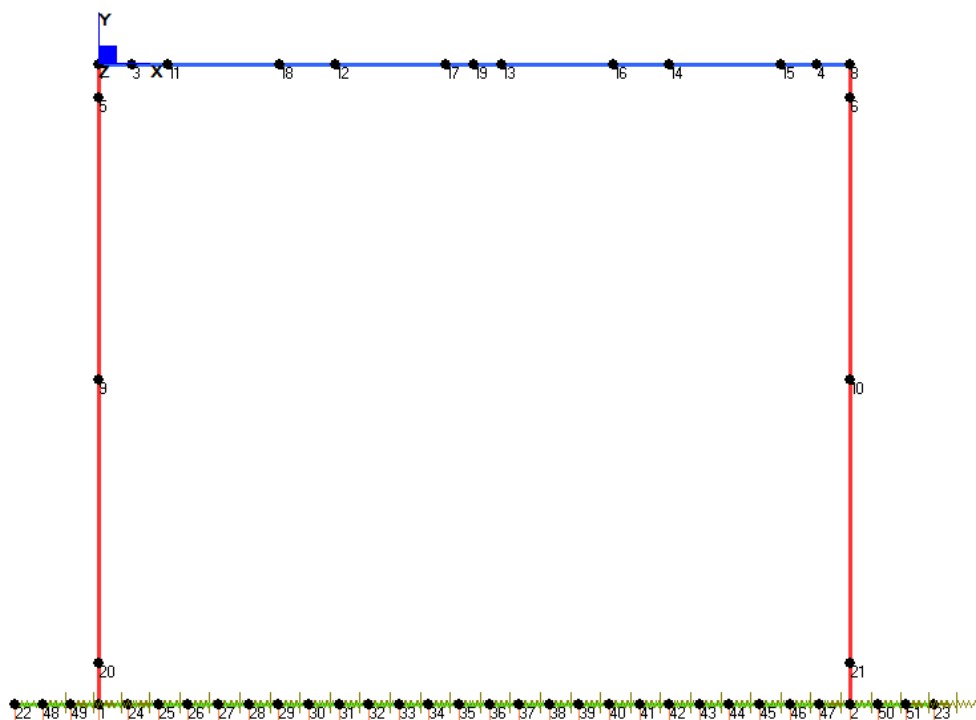


Figura 32 - Modello trasversale muri - Numerazione nodi

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.			MANDANTI HY pro 36.11			LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo						COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
						LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	84

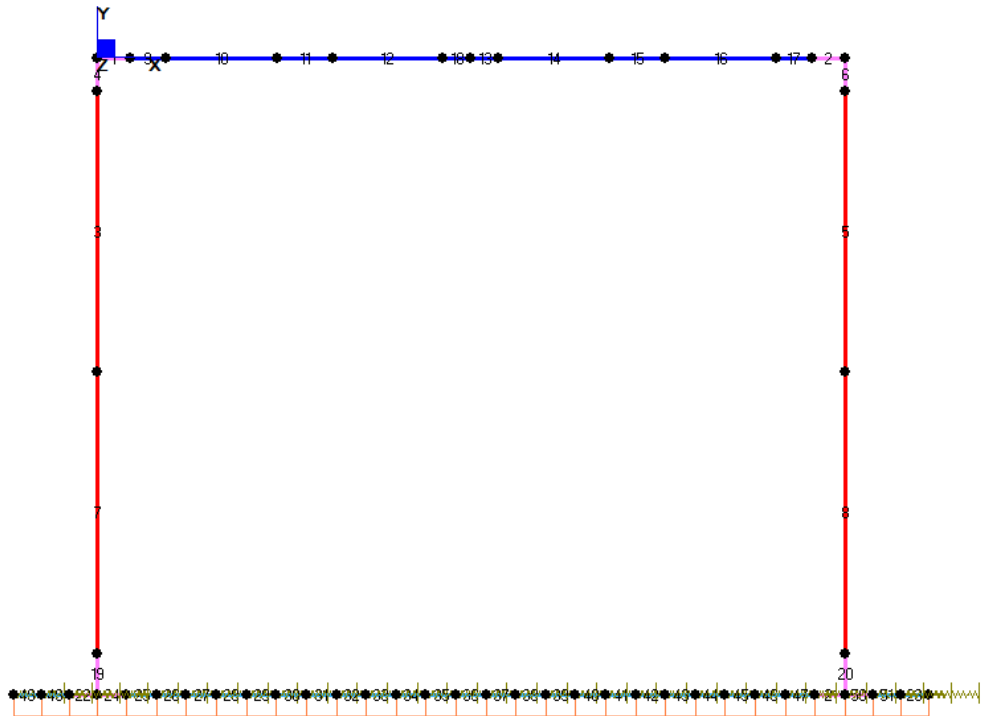


Figura 33 - Modello trasversale muri - Numerazione elementi e indicazione zone nodali (violetto)

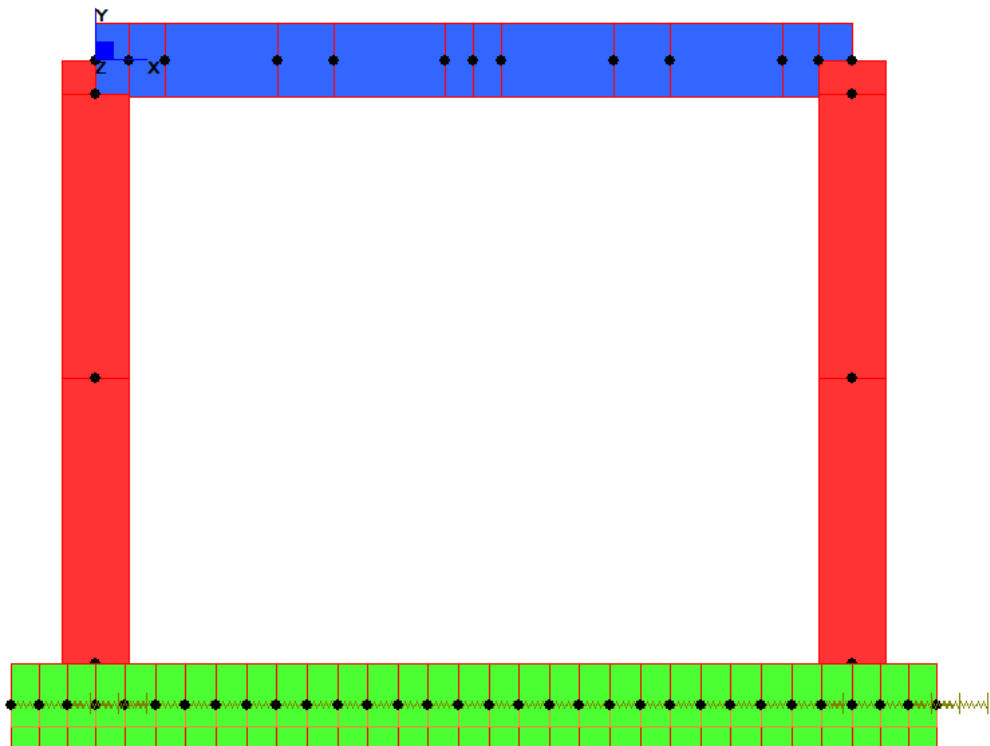
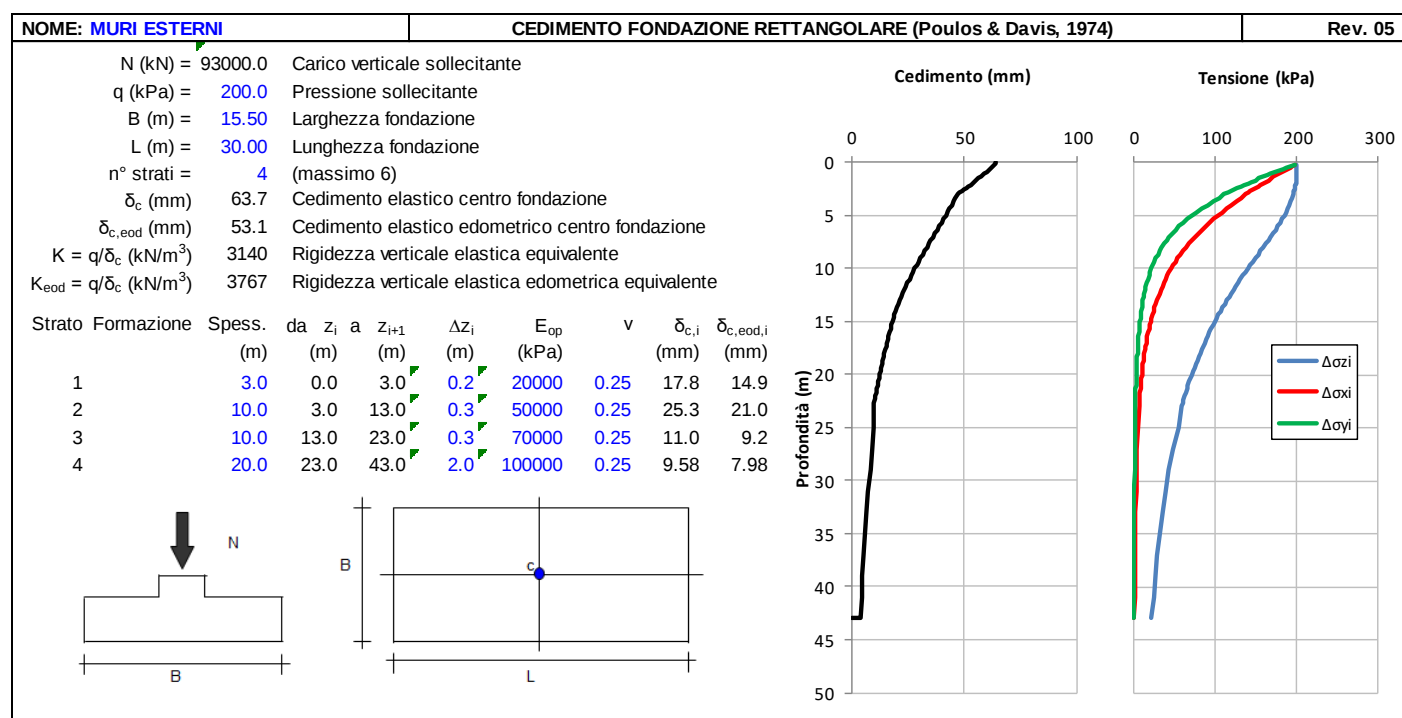


Figura 34 - Modello trasversale muri – Vista solida sezioni strutturali

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	85	

La fondazione viene schematizzata con una trave discretizzata ogni circa 0.50 m, considerata come un suolo elastico non reagente a trazione, adottando il modello di Winkler assegnando la costante k_w agli elementi posti all'asse fondazione.

In accordo con la stratificazione geotecnica di progetto, il valore della costante di sottofondo k_w è valutato stimando il cedimento elastico (minimo) o edometrico (massimo) rapportato ad un carico applicato convenzionale, adottando una integrazione secondo i metodi elastici di letteratura (Poulos & Davis, 1974) degli strati di terreno delle seguenti caratteristiche e moduli operativi $E_{op} = E_0/10$:



Restando a favore di sicurezza, si è assunto un valore medio della costante di Winkler verticale pari a $k_{wv} = \approx 3500 \text{ kN/m}^3$.

Si considerano inoltre sugli stessi nodi un vincolo orizzontale elastico pari a $k_{wh} = c \cdot k_{wv} = 0.50 \cdot 3500 = 1750 \text{ kN/m}^3$ dove c rappresenta il coefficiente di attrito trasversale tra le pressioni verticali e quelle orizzontali tra terreno ed intradosso di fondazione.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	86

12.1.1 Risultati del modello FEM

Nel seguito si riportano i valori delle sollecitazioni sulla struttura associate agli inviluppi SLU, SLV, SLE rara e SLE quasi permanente.

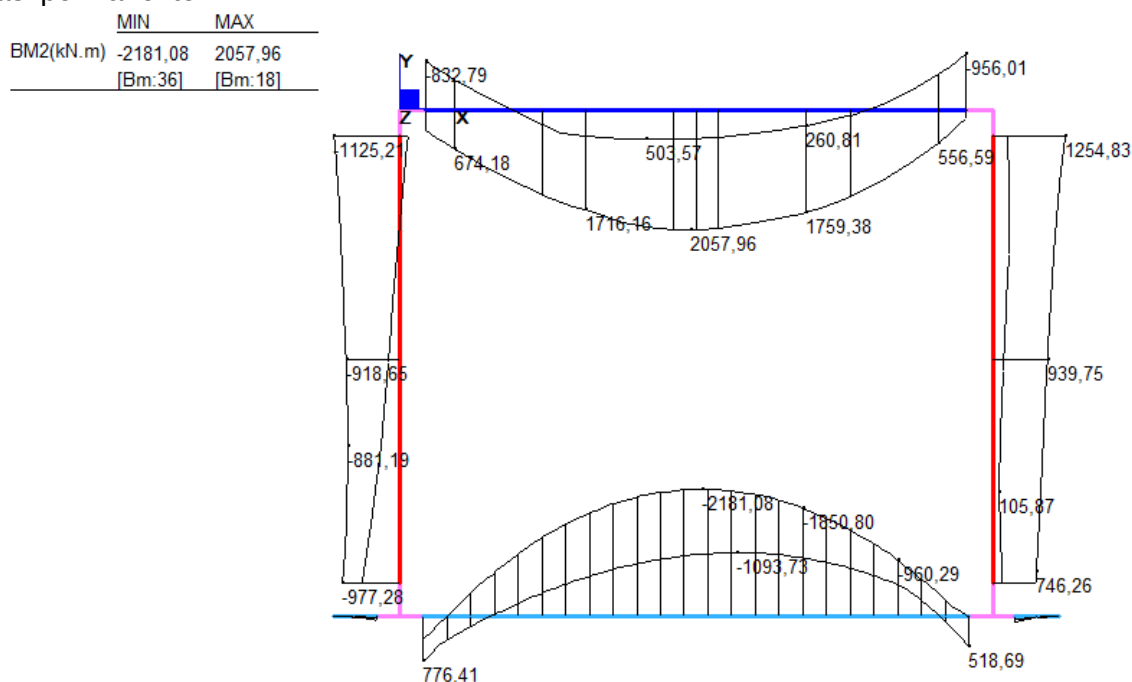


Figura 35 - ENV SLU – Momento flettente (kNm)

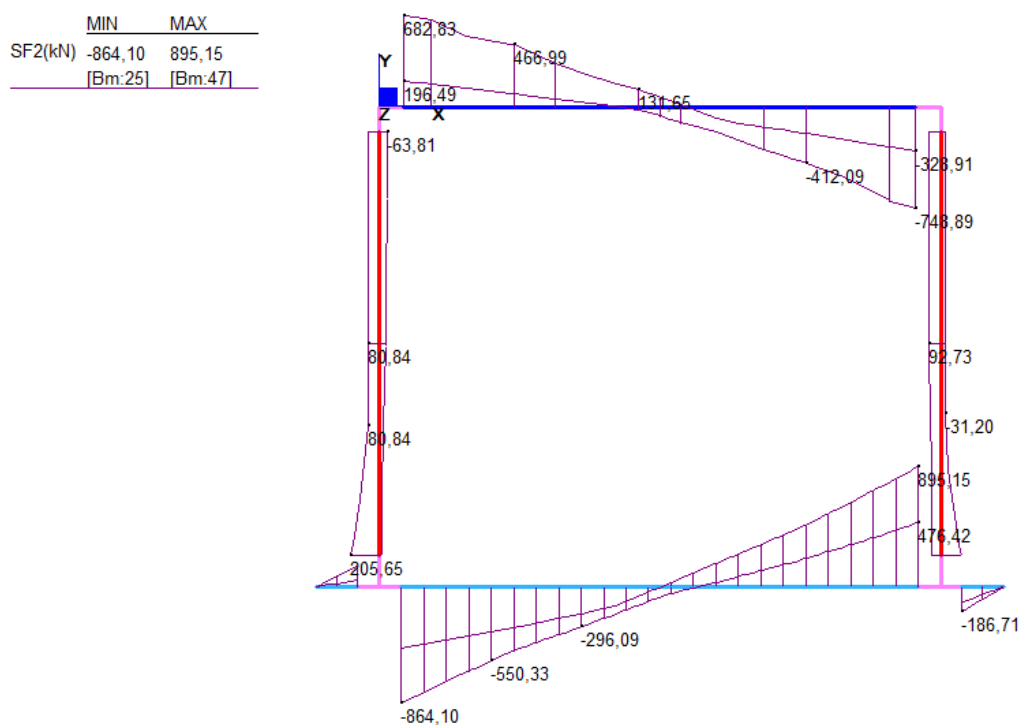


Figura 36 - ENV SLU - Taglio (kN)

**IV04 - Scatolare di approccio alla
spalla S2 – Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	87

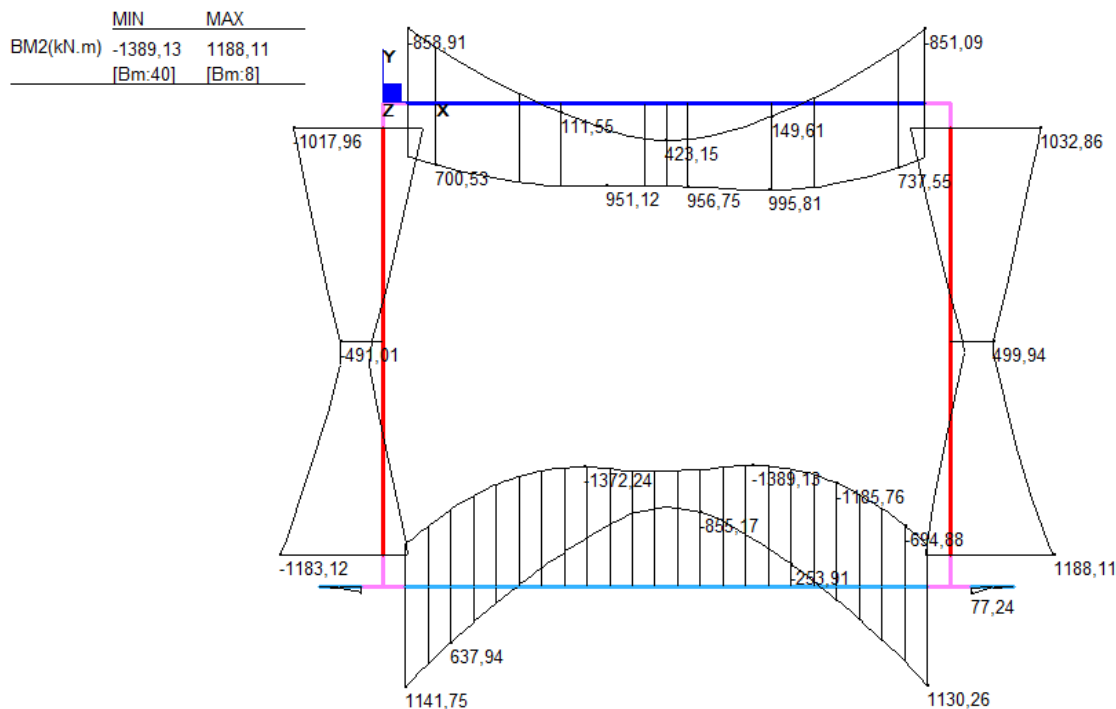


Figura 37 - ENV SLV – Momento flettente (kNm)

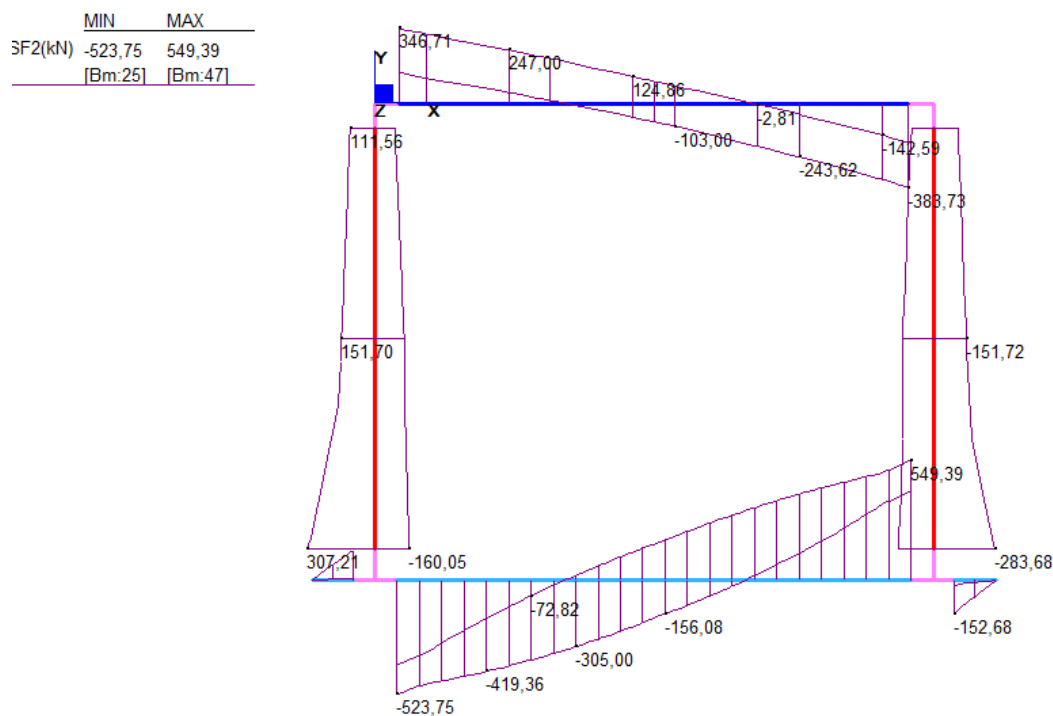


Figura 38 - ENV SLV - Taglio (kN)

IV04 - Scatolare di approccio alla
spalla S2 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	88

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-1593,79	1490,47
	[Bm:36]	[Bm:18]

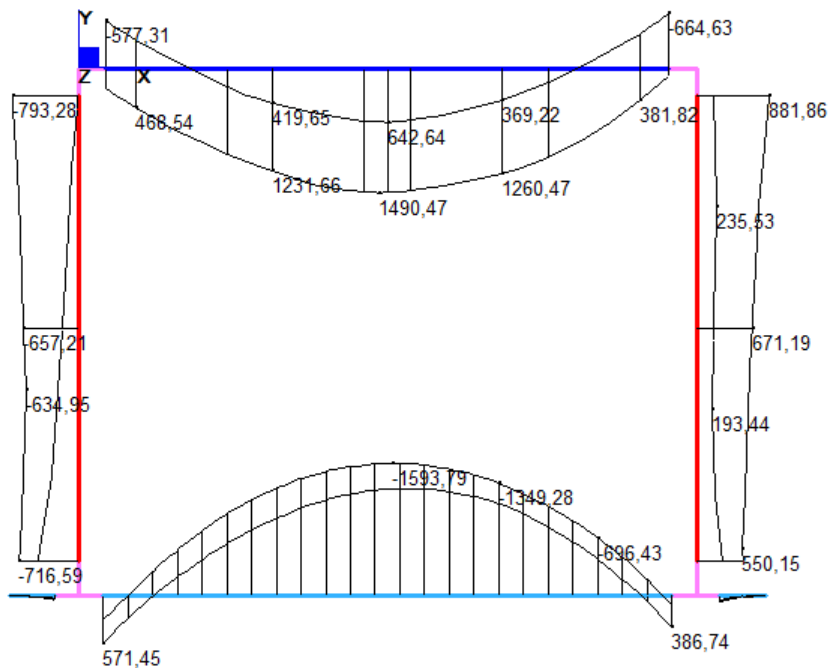


Figura 39 - ENV SLE RA - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-1164,01	854,91
	[Bm:36]	[Bm:13]

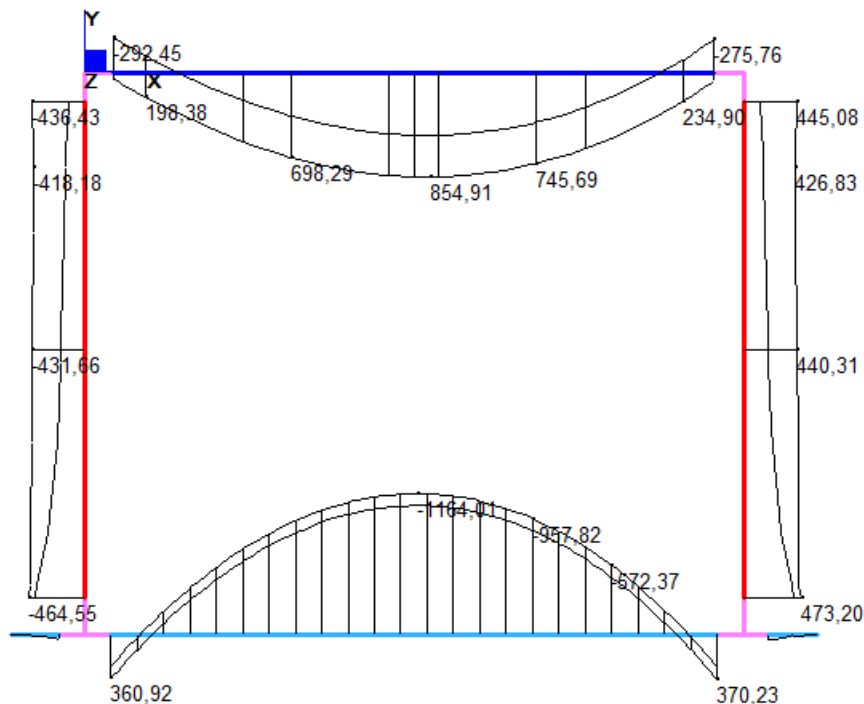


Figura 40 - ENV SLE QP - Momento flettente (kNm)

IV04 - Scatolare di approccio alla
spalla S2 – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	89

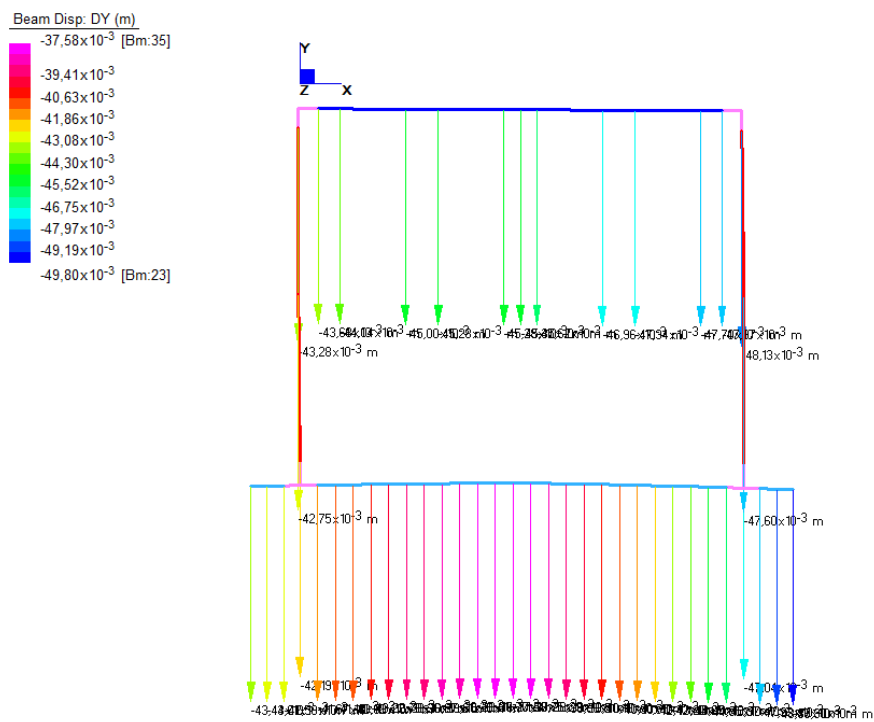


Figura 41 - ENV SLE RA – Spostamento verticale (m)

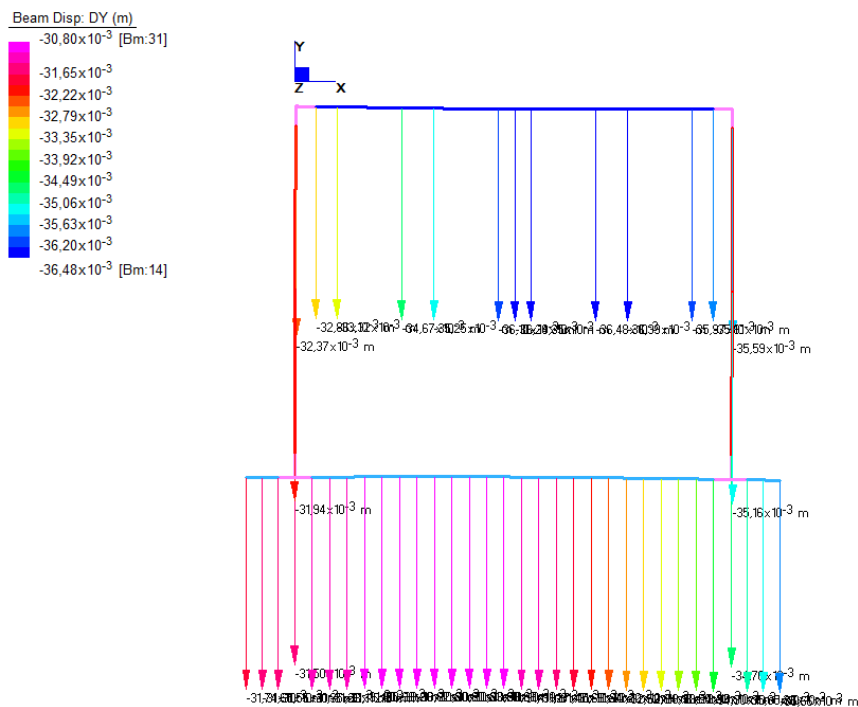


Figura 42 - ENV SLE QP - Spostamento verticale (m)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORZILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.R.L.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	90

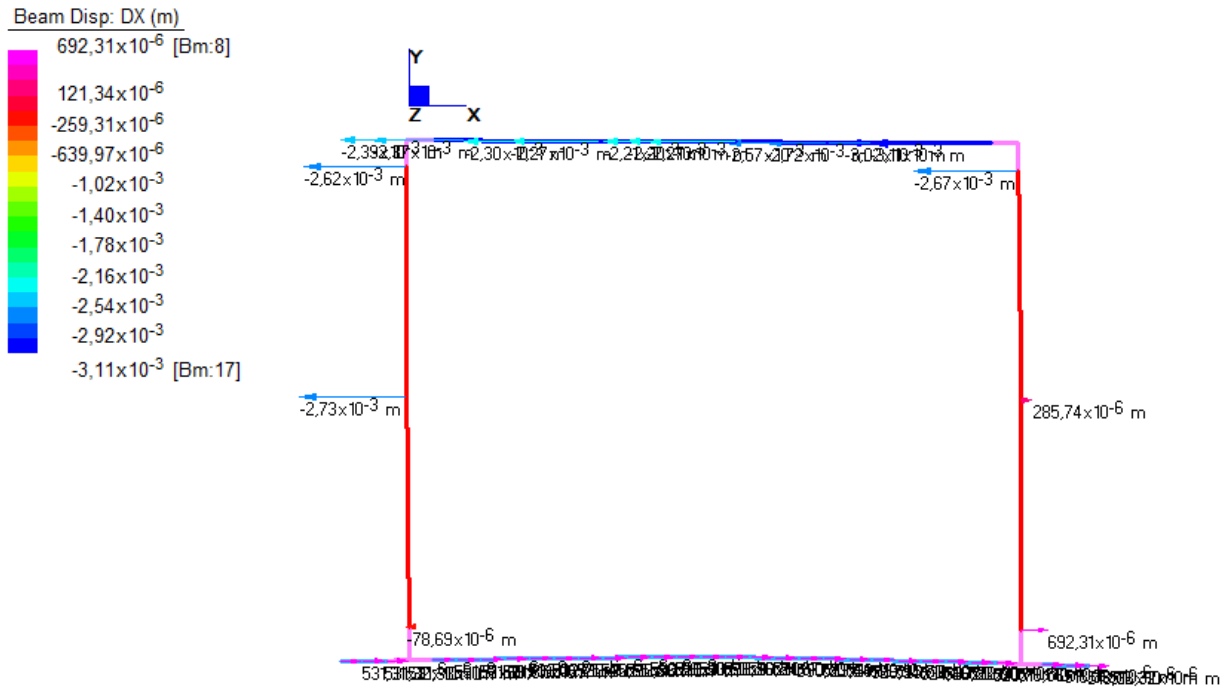


Figura 43 - ENV SLE RA – Spostamento orizzontale (m)

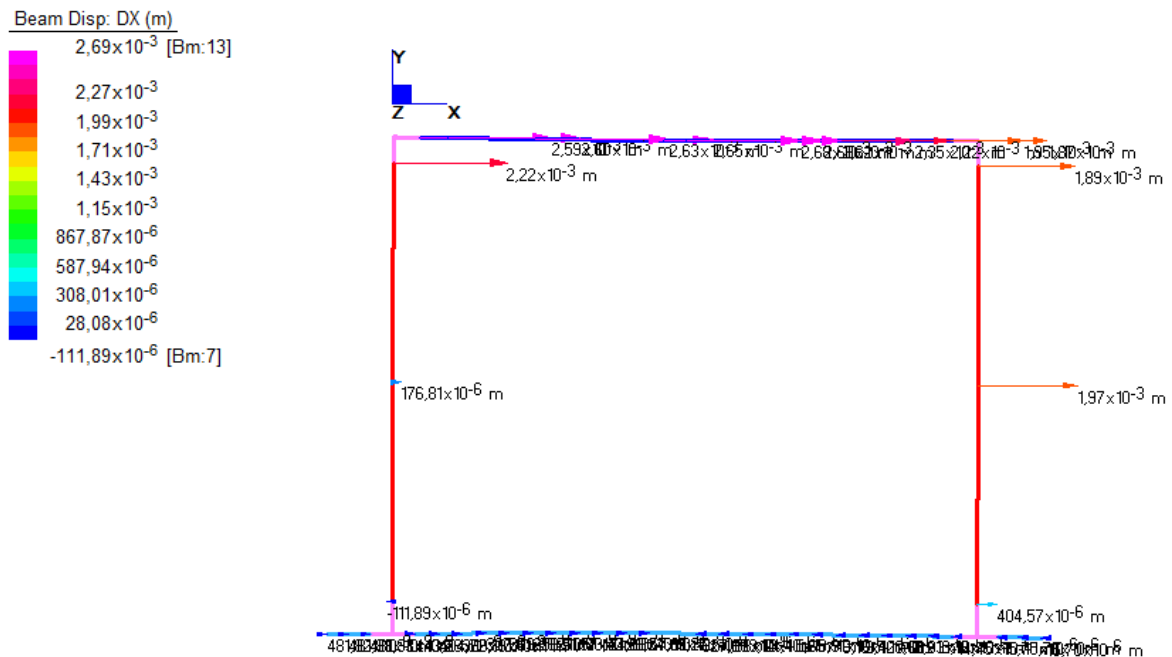


Figura 44 - ENV SLE QP - Spostamento orizzontale (m)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	91

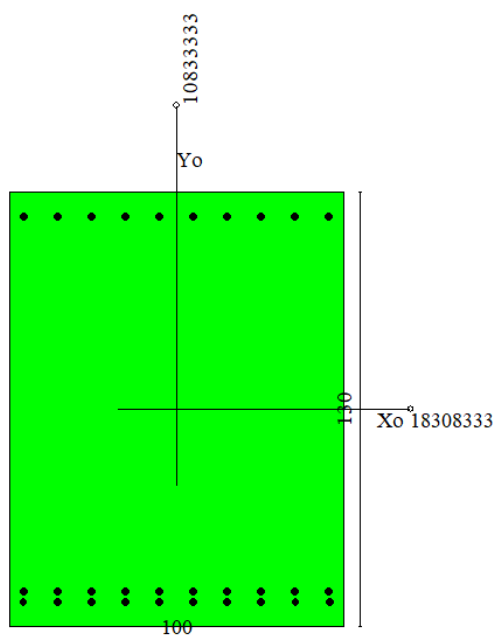
12.2 VERIFICHE STRUTTURALI

12.2.1 Solettone superiore

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni del solettone superiore per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

12.2.1.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso composta da 2 strati di $\Phi 24/10$ e nel lato compresso di $\Phi 24/10$ come rappresentato nella figura seguente per un totale di 30 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



Dati

Nome sezione:

Solettone

Tipo sezione

Rettangolare

Base

100,0 [cm]

Altezza

130,0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione

13000,00 [cmq]

Inertia in direzione X

10833333,3 [cm⁴]

Inertia in direzione Y

18308333,3 [cm⁴]

Inertia in direzione XY

0,0 [cm⁴]

Ascissa baricentro sezione

X_G = 50,00 [cm]

Ordinata baricentro sezione

Y_G = 65,00 [cm]

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	92

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	4,20	7,20	24	4,52
2	14,38	7,20	24	4,52
3	24,56	7,20	24	4,52
4	34,73	7,20	24	4,52
5	44,91	7,20	24	4,52
6	55,09	7,20	24	4,52
7	65,27	7,20	24	4,52
8	75,44	7,20	24	4,52
9	85,62	7,20	24	4,52
10	95,80	7,20	24	4,52
11	4,30	10,30	24	4,52
12	14,46	10,30	24	4,52
13	24,61	10,30	24	4,52
14	34,77	10,30	24	4,52
15	44,92	10,30	24	4,52
16	55,08	10,30	24	4,52
17	65,23	10,30	24	4,52
18	75,39	10,30	24	4,52
19	85,54	10,30	24	4,52
20	95,70	10,30	24	4,52
21	95,70	122,70	24	4,52
22	85,54	122,70	24	4,52
23	75,39	122,70	24	4,52
24	65,23	122,70	24	4,52
25	55,08	122,70	24	4,52
26	44,92	122,70	24	4,52
27	34,77	122,70	24	4,52
28	24,61	122,70	24	4,52
29	14,46	122,70	24	4,52
30	4,30	122,70	24	4,52

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]

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	93

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	2058,1700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	-956,0100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	0,0000	996,0900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	0,0000	-858,9100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	0,0000	1490,4700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	0,0000	-664,6300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	0,0000	855,0300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
8	0,0000	-292,4500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
Xc	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
5	41,32	0,00	(0,00; 88,68)	(100,00; 88,68)
6	27,78	0,00	(100,00; 27,78)	(0,00; 27,78)
7	41,32	0,00	(0,00; 88,68)	(100,00; 88,68)
8	27,78	0,00	(100,00; 27,78)	(0,00; 27,78)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
σ _{c-max}	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ _{c-min}	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ _{f-max}	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
σ _{f-min}	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
τ _c	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ _{c-max}	σ _{c-min}	τ _c	σ _{f-max}	σ _{f-min}
5	5,215	0,000	0,000	64,405	-154,227
6	2,521	0,000	0,000	28,016	-129,219
7	2,992	0,000	0,000	36,947	-88,475
8	1,109	0,000	0,000	12,327	-56,859

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N _u	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M _{xu}	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M _{yu}	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N _u	M _{xu}	M _{yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>4034,0548</u>	1,96

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	94

Combinazione n° 2

N_u	M_{xu}	M_{yu}	FS
0,0000	0,0000	-2068,6060	2,16

Combinazione n° 3

N_u	M_{xu}	M_{yu}	FS
0,0000	0,0000	4034,0549	4,05

Combinazione n° 4

N_u	M_{xu}	M_{yu}	FS
0,0000	0,0000	-2068,6059	2,41

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	867,6025	-89,776	-6,514	2675,00	0,0610	170	0,1762
6	0,0000	-803,9994	-156,315	-11,222	2530,00	0,0000	0	0,0000
7	0,0000	867,6025	-89,776	-6,514	2675,00	0,0000	0	0,0000
8	0,0000	-803,9994	-156,315	-11,222	2530,00	0,0000	0	0,0000

Inviluppo verifiche tensionali

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 1 - Solettone

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	2,992	13,280	-6,420	3,099	-88,475	36,947	450,000	7
SLER	5,215	18,260	-11,190	3,099	-154,227	64,405	337,500	5

Inviluppo verifiche fessurazione

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
A _{eff}	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	95

Sezione n° 1 - Solettone

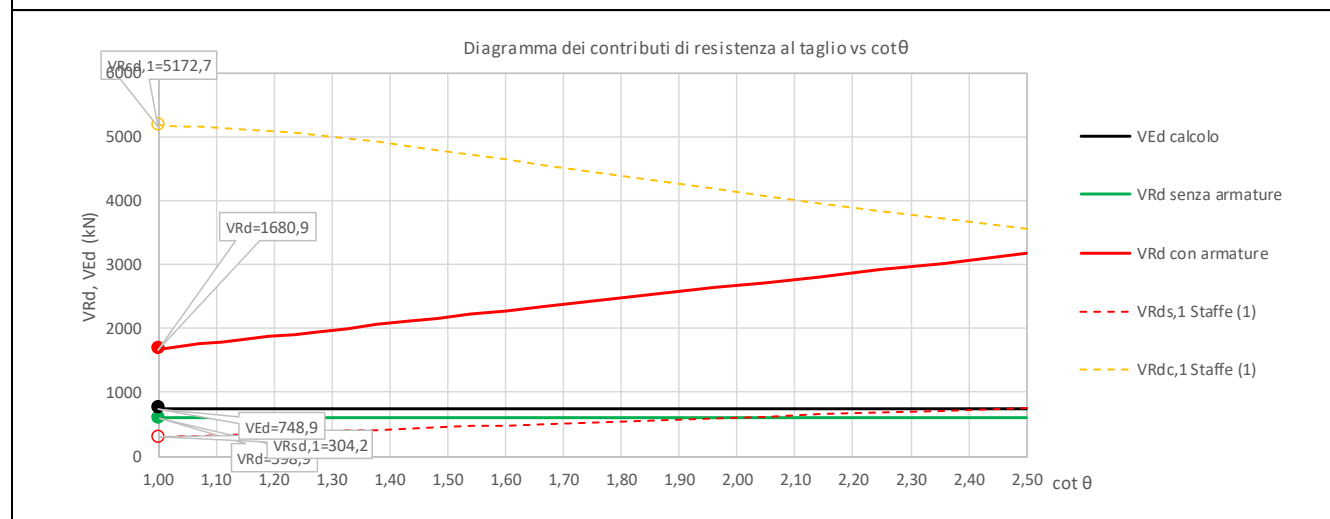
TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-89,776	-6,514	262,332	0,0000	0,000	0,000	0,200	7
SLER	-89,776	-6,514	262,332	0,0610	169,880	0,176	0,200	5

12.2.1.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni associate alle combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: SOLETTONE SUPERIORE				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1		
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO						
b_w	d	θ	$\cotg \theta$		N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	f_{ck}	f_{cd}	γ_c			
(m)	(m)	(°)			(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)				
1,00	1,22	45,00	1,00	$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$	0,0	748,9	956,0	33,20	18,81	1,50			
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	20	24	4,52	90,48								
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)					
	90,48	0,15	1,40	0,74%	0,34	0,00	1,00	598,9	125,1%	Necessaria armatura			
VERIFICA CON ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.2)													
	f_{ywd}	n_b	$\emptyset$	A_{sw}	α	s	V_{Rsd}	V_{Rcd}	V_{Rd}	V_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}		
	(MPa)		(mm)	(cm ²)	(°)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)			
Staffe / Pioli (1)	391,3	2,5	12	2,83	90	0,40	304,2	5172,7	304,2	1680,9	44,6%	VERIFICA OK	
Ferri piegati (2)	391,3	5	24	22,62	45	-	1376,7	10345,5	1376,7				



Si prevede l'inserimento di armatura a taglio nel numero di $\Phi 12/20 \times 40$ e di 5 ferri piegati $\Phi 24$.

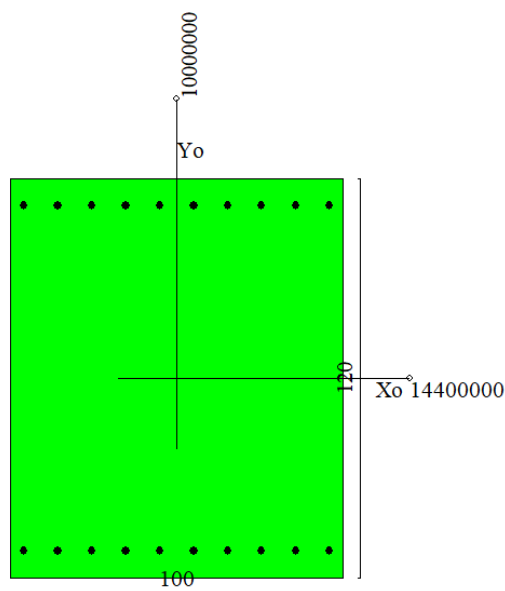
MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	96

12.2.2 Muri laterali

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni per il muro laterale per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

12.2.2.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di $\Phi 24/10$ e nel lato compresso di $\Phi 24/10$ 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.



Dati

Nome sezione:

Muro laterale

Tipo sezione

Rettangolare

Base

100,0 [cm]

Altezza

120,0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione

12000,00 [cmq]

Inerzia in direzione X

10000000,0 [cm⁴]

Inerzia in direzione Y

14400000,0 [cm⁴]

Inerzia in direzione XY

0,0 [cm⁴]

Ascissa baricentro sezione

X_G = 50,00 [cm]

Ordinata baricentro sezione

Y_G = 60,00 [cm]

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	97

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N° numero d'ordine

X Ascissa posizione ferro espresso in [cm]

Y Ordinata posizione ferro espresso in [cm]

d Diametro ferro espresso in [mm]

ω Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	95,90	111,90	24	4,52
2	85,70	111,90	24	4,52
3	75,50	111,90	24	4,52
4	65,30	111,90	24	4,52
5	55,10	111,90	24	4,52
6	44,90	111,90	24	4,52
7	34,70	111,90	24	4,52
8	24,50	111,90	24	4,52
9	14,30	111,90	24	4,52
10	4,10	111,90	24	4,52
11	4,10	8,10	24	4,52
12	14,30	8,10	24	4,52
13	24,50	8,10	24	4,52
14	34,70	8,10	24	4,52
15	44,90	8,10	24	4,52
16	55,10	8,10	24	4,52
17	65,30	8,10	24	4,52
18	75,50	8,10	24	4,52
19	85,70	8,10	24	4,52
20	95,90	8,10	24	4,52

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo 40,000 [MPa]

Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo 15,00

Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso 1,00

Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio 450,000 [MPa]

Tensione snervamento acciaio 450,000 [MPa]

Modulo elastico E 210000,000 [MPa]

Fattore di incrudimento acciaio 1,00

Combinazioni

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

N sforzo normale espresso in [kN]

M_Y momento lungo Y espresso in [kNm]

M_X momento lungo X espresso in [kNm]

M_t momento torcente espresso in [kNm]

T_Y taglio lungo Y espresso in [kN]

T_X taglio lungo X espresso in [kN]

VD verifica di dominio

VT verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
----	---	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----	----

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	98	

1	647,3500	1254,8300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	595,9500	-1125,2100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	566,6100	1188,1100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	518,9100	-1183,1200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	467,2200	881,8600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	436,1900	-793,2800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	633,8000	473,2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
8	585,9500	-464,5500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
Xc	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
5	36,86	0,00	(0,00; 83,14)	(100,00; 83,14)
6	37,19	0,00	(100,00; 37,19)	(0,00; 37,19)
7	52,45	0,00	(0,00; 67,55)	(100,00; 67,55)
8	50,72	0,00	(100,00; 50,72)	(0,00; 50,72)

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	4,713	0,000	0,000	55,162	-143,905
6	4,246	0,000	0,000	49,823	-127,950
7	2,612	0,000	0,000	33,123	-44,404
8	2,561	0,000	0,000	32,286	-46,349

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N _u	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M _{xu}	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M _{yu}	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N _u	M _{xu}	M _{yu}	FS
<u>1318,0714</u>	0,0000	<u>2554,9633</u>	2,04
<u>23505,0909</u>	0,0000	1254,8300	36,31
647,3500	0,0000	<u>2215,8983</u>	1,77

Combinazione n° 2

N _u	M _{xu}	M _{yu}	FS
<u>1365,8047</u>	0,0000	<u>-2578,7686</u>	2,29
<u>23792,5966</u>	0,0000	-1125,2100	39,92
595,9500	0,0000	<u>-2189,5776</u>	1,95

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	99

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
1187,2364	0,0000	2489,4856	2,10
23653,4560	0,0000	1188,1100	41,75
566,6100	0,0000	2174,5326	1,83

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
1064,8893	0,0000	-2427,9583	2,05
23664,5239	0,0000	-1183,1200	45,60
518,9100	0,0000	-2150,0409	1,82

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
5	0,0000	764,2213	-118,862	-8,795	2610,00	0,0452	207	0,1588
6	0,0000	-757,2570	-120,279	-8,893	2610,00	0,0340	207	0,1196
7	0,0000	801,7598	-111,585	-8,293	2610,00	0,0000	0	0,0000
8	0,0000	-791,0053	-113,629	-8,434	2610,00	0,0000	0	0,0000

Inviluppo verifiche tensionali

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 2 - Muro laterale

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	2,612	13,280	-3,364	3,099	-44,404	33,123	450,000	7
SLER	4,713	18,260	-10,629	3,099	-143,905	55,162	337,500	5

Inviluppo verifiche fessurazione

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
A_{eff}	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 2 - Muro laterale

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	100	

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-111,585	-8,293	255,958	0,0000	0,000	0,000	0,200	7
SLER	-118,862	-8,795	255,958	0,0452	206,832	0,159	0,200	5

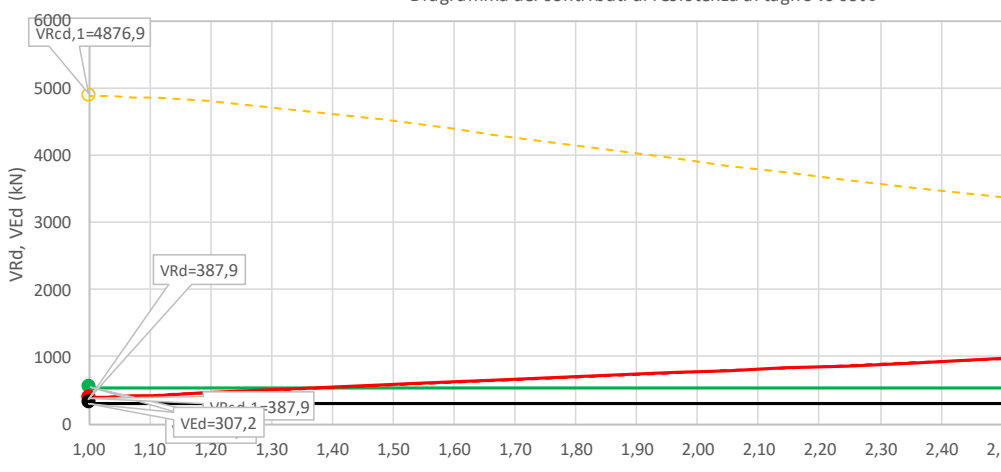
12.2.2.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni associate alle combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: MURI LATERALI				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO				
b_w	d	θ	$\cotg \theta$	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	f_{ck}	f_{cd}	γ_c		
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)			
1,00	1,12	45,00	1,00	-566,6	307,2	1188,1	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	24	4,52	45,24						
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)			
	45,24	0,15	1,42	0,40%	0,34	0,51	1,03	539,7	56,9% VERIFICA OK		

Diagramma dei contributi di resistenza al taglio vs $\cot\theta$



VED calcolo

VRd senza armature

VRd con armature

VRds,1 Staffe (1)

VRdc,1 Staffe (1)

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

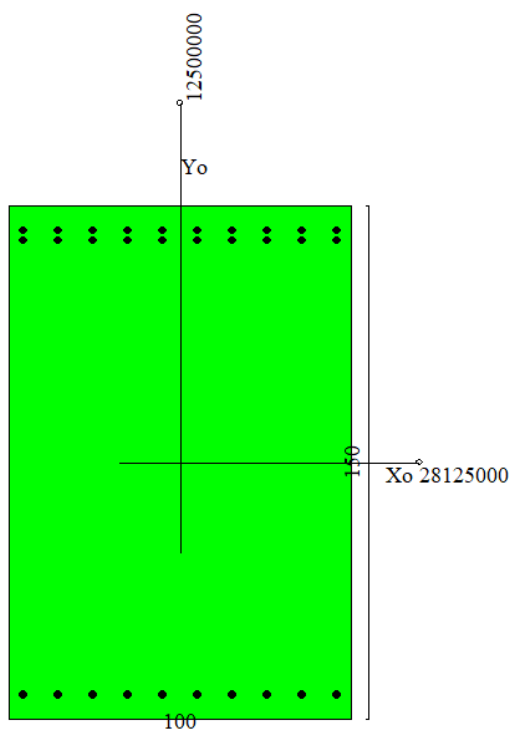
MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	101

12.2.3 Fondazione

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni per il plinto di fondazione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

12.2.3.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di due strati di $\Phi 24/10$ e nel lato compresso di $\Phi 24/10$ come rappresentato nella figura seguente per un totale di 30 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



Dati

Nome sezione:

Soletta inferiore

Tipo sezione

Rettangolare

Base

100,0 [cm]

Altezza

150,0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione

15000,00 [cmq]

Inerzia in direzione X

12500000,0 [cm^4]

Inerzia in direzione Y

28125000,0 [cm^4]

Inerzia in direzione XY

0,0 [cm^4]

Ascissa baricentro sezione

$X_G = 50,00$ [cm]

Ordinata baricentro sezione

$Y_G = 75,00$ [cm]

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	102

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	4,20	7,20	24	4,52
2	14,38	7,20	24	4,52
3	24,56	7,20	24	4,52
4	34,73	7,20	24	4,52
5	44,91	7,20	24	4,52
6	55,09	7,20	24	4,52
7	65,27	7,20	24	4,52
8	75,44	7,20	24	4,52
9	85,62	7,20	24	4,52
10	95,80	7,20	24	4,52
11	95,80	142,80	24	4,52
12	85,62	142,80	24	4,52
13	75,44	142,80	24	4,52
14	65,27	142,80	24	4,52
15	55,09	142,80	24	4,52
16	44,91	142,80	24	4,52
17	34,73	142,80	24	4,52
18	24,56	142,80	24	4,52
19	14,38	142,80	24	4,52
20	4,20	142,80	24	4,52
21	95,80	139,80	24	4,52
22	85,62	139,80	24	4,52
23	75,44	139,80	24	4,52
24	65,27	139,80	24	4,52
25	55,09	139,80	24	4,52
26	44,91	139,80	24	4,52
27	34,73	139,80	24	4,52
28	24,56	139,80	24	4,52
29	14,38	139,80	24	4,52
30	4,20	139,80	24	4,52

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
----	------------------------------------

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	103

N	sforzo normale espresso in[kN]
M _Y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _X	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _Y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _X	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	0,0000	1227,8500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	-2181,0800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	0,0000	1417,9700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	0,0000	-1389,1300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	0,0000	902,9700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	0,0000	-1593,7900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	0,0000	641,4600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
8	0,0000	-1164,0100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
Xc	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
5	30,52	0,00	(0,00; 119,48)	(100,00; 119,48)
6	45,58	0,00	(100,00; 45,58)	(0,00; 45,58)
7	30,52	0,00	(0,00; 119,48)	(100,00; 119,48)
8	45,58	0,00	(100,00; 45,58)	(0,00; 45,58)

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	2,715	0,000	0,000	31,115	-149,806
6	4,378	0,000	0,000	55,291	-140,068
7	1,929	0,000	0,000	22,104	-106,420
8	3,197	0,000	0,000	40,382	-102,297

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N _u	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M _{Xu}	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M _{Yu}	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
0,0000	0,0000	<u>2420,3733</u>	1,97

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	104

Combinazione n° 2

N_u	M_{xu}	M_{yu}	FS
0,0000	0,0000	-4733,9762	2,17

Combinazione n° 3

N_u	M_{xu}	M_{yu}	FS
0,0000	0,0000	2420,3733	1,71

Combinazione n° 4

N_u	M_{xu}	M_{yu}	FS
0,0000	0,0000	-4733,9762	3,41

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
5	0,0000	1047,1798	-173,731	-12,325	2520,00	0,0000	0	0,0000
6	0,0000	-1121,8276	-98,590	-7,059	2670,00	0,0502	169	0,1438
7	0,0000	1047,1798	-173,731	-12,325	2520,00	0,0000	0	0,0000
8	0,0000	-1121,8276	-98,590	-7,059	2670,00	0,0261	169	0,0748

Inviluppo verifiche tensionali

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

Sezione n° 3 - Soletta inferiore

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	3,197	13,280	-7,325	3,099	-102,297	40,382	450,000	8
SLER	2,715	18,260	-10,627	3,099	-149,806	31,115	337,500	5

Inviluppo verifiche fessurazione

Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
A_{eff}	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [‰]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	105

Sezione n° 3 - Soletta inferiore

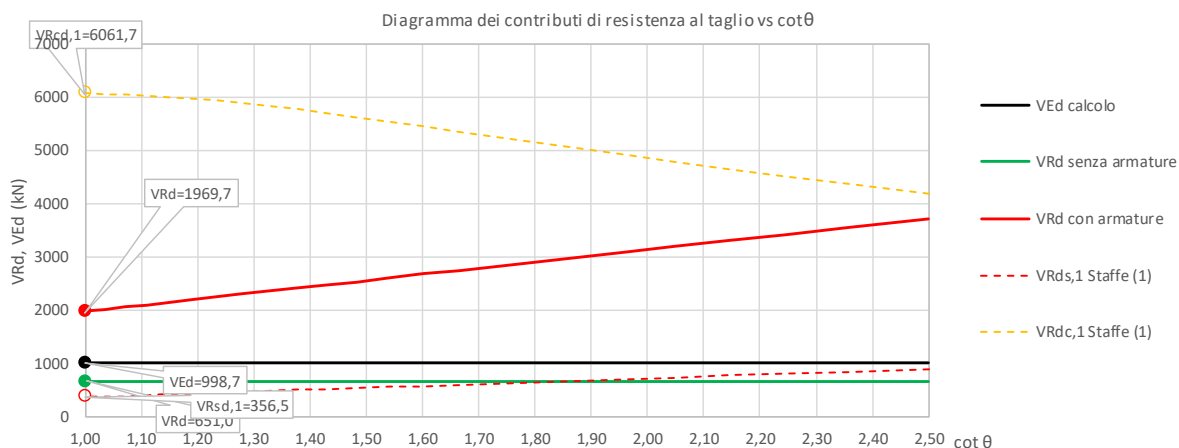
TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-98,590	-7,059	261,842	0,0261	168,612	0,075	0,200	8
SLER	-98,590	-7,059	261,842	0,0502	168,612	0,144	0,200	6

12.2.3.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni associate alle combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: SOLETTA INF				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1	
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO					
b _w	d	θ	cotg θ	N _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed}	f _{ck}	f _{cd}	γ _c			
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)				
1,00	1,43	45,00	1,00	0,0	998,7	2181,1	33,20	18,81	1,50			
1,00 ≤ cotg θ ≤ 2,50												
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)												
	f _{yd}	n	Ø	A _{sl,Ø}	A _{sl}							
	(MPa)		(mm)	(cm²)	(cm²)							
Barre B450C	391,3	20	24	4,52	90,48							
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}			
	(cm²)			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)				
	90,48	0,15	1,37	0,63%	0,32	0,00	1,00	651,0	153,4%	Necessaria armatura		
VERIFICA CON ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.2)												
	f _{ywd}	n _b	Ø	A _{sw}	α	s	V _{Rsd}	V _{Rcd}	V _{Rd}	V _{Rd}	V _{Ed} /V _{Rd}	
	(MPa)		(mm)	(cm²)	(°)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
Staffe / Pioli (1)	391,3	2,5	12	2,83	90	0,40	356,5	6061,7	356,5	1969,7	50,7% VERIFICA OK	
Ferri piegati (2)	391,3	5	24	22,62	45	-	1613,2	12123,3	1613,2			
Diagramma dei contributi di resistenza al taglio vs cotθ												



Si prevede l'inserimento di armatura a taglio nel numero di $\Phi 12/20 \times 40$ e di 5 ferri piegati $\Phi 24$.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV04 - Scatolare di approccio alla spalla S2 – Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	04	00	002	B	106

13. ANALISI LONGITUDINALE MURI

14. VERIFICHE GEOTECNICHE

Per l'analisi longitudinale dei muri e le rispettive verifiche geotecniche, si rimanda alla relazione di calcolo dello scatolare di approccio alla spalla S1.

15. RIEPILOGO INCIDENZE C.A.

Dalle verifiche effettuate sugli elementi in c.a. costituenti la sottostruttura in oggetto, si riassumono di seguito i principali valori di incidenza di armature previsti rispetto ai volumi totali di calcestruzzo.

Sottostruttura	Plinto (kg/m ²)	Elevazione (kg/m ²)	Solettone (kg/m ²)
MURI ESTERNI	100	120	120