

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

NI11 (ex IN85) Tombino circolare 4Φ1500 alla viabilità NV18 al km 0+980
Relazione di calcolo tombino

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 18/12/2022

firma

Data 18/12/2022

firma



COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I O B	0 2	E	Z Z	C L	N I 1 1 0 0	0 0 1	C	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	M. Calderoni	Dicembre 2022	V. Calzona	Dicembre 2022	S. Canale	Dicembre 2022	
B	Emissione a seguito RDV n° 297	A.Zaza	Luglio 2023	M. Calderoni	Luglio 2023	S. Canale	Luglio 2023	
C	Revisione a seguito di ODI-CC-01	A.Zaza	Ottobre 2023	M. Calderoni	Ottobre 2023	S. Canale	Ottobre 2023	



MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

INDICE

1.. PREMESSA	2
1.. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.. MATERIALI	5
2.1 Calcestruzzo Magrone	5
2.1 Calcestruco	5
2.2 Acciaio B450C	5
3.. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	6
3.1 Terreno di ricoprimento/rinterro	6
3.2 Terreno di fondazione	6
3.3 Interazione terreno-struttura	7
4.. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	8
4.1 Vita nominale e classe d'uso	8
4.2 Parametri di pericolosità sismica	8
5.. VERIFICHE STRUTTURALI	12
5.1 Verifica allo stato limite ultimo	12
5.2 Verifica S.L.E.	13
6.. SOFTWARE DI CALCOLO	15
7.. SOTTOPASSO CIRCOLARE 4D1500MM	16
7.1 Modello di calcolo	17
7.2 Analisi dei carichi	18
7.3 Azione sismica	31
8.. COMBINAZIONI DI CARICO	35
9.. DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI	40
10 VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.	45
10.1 SOLETTA SUPERIORE	45
10.2 PIEDRITTO DESTRO	47
10.3 PIEDRITTO SINISTRO	49
10.4 PIEDRITTI INTERNI	51
10.5 SOLETTA INFERIORE	53
11 RIEPILOGO ARMATURE – SCATOLARE	54
12 VERIFICHE GEOTECNICHE	56

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

12.1 Verifica della capacita portante.....56

1. PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell’ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto esecutivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al Raddoppio della linea Termoli-Lesina, tratta Termoli - Ripalta.

Il tombino si rende necessario per garantire la continuità idraulica del nuovo tracciato stradale.

L’opera consiste in quattro tombini circolari affiancati che in fase di calcolo viene assimilato ad una sezione scatolare come descritto successivamente. L’opera di riferimento è la NI11.

La sezione trasversale retta ha una larghezza di $L = 8.78$ m ed un'altezza totale di $H = 2.42$ m; lo spessore della platea di fondazione è di $S_f = 0.30$ m, lo spessore dei piedritti è di $S_p = 0.30$ m e lo spessore della soletta di copertura è di $S_s = 0.30$ m. Nell'immagine seguente si riporta una sezione trasversale dell'opera.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all’opera.

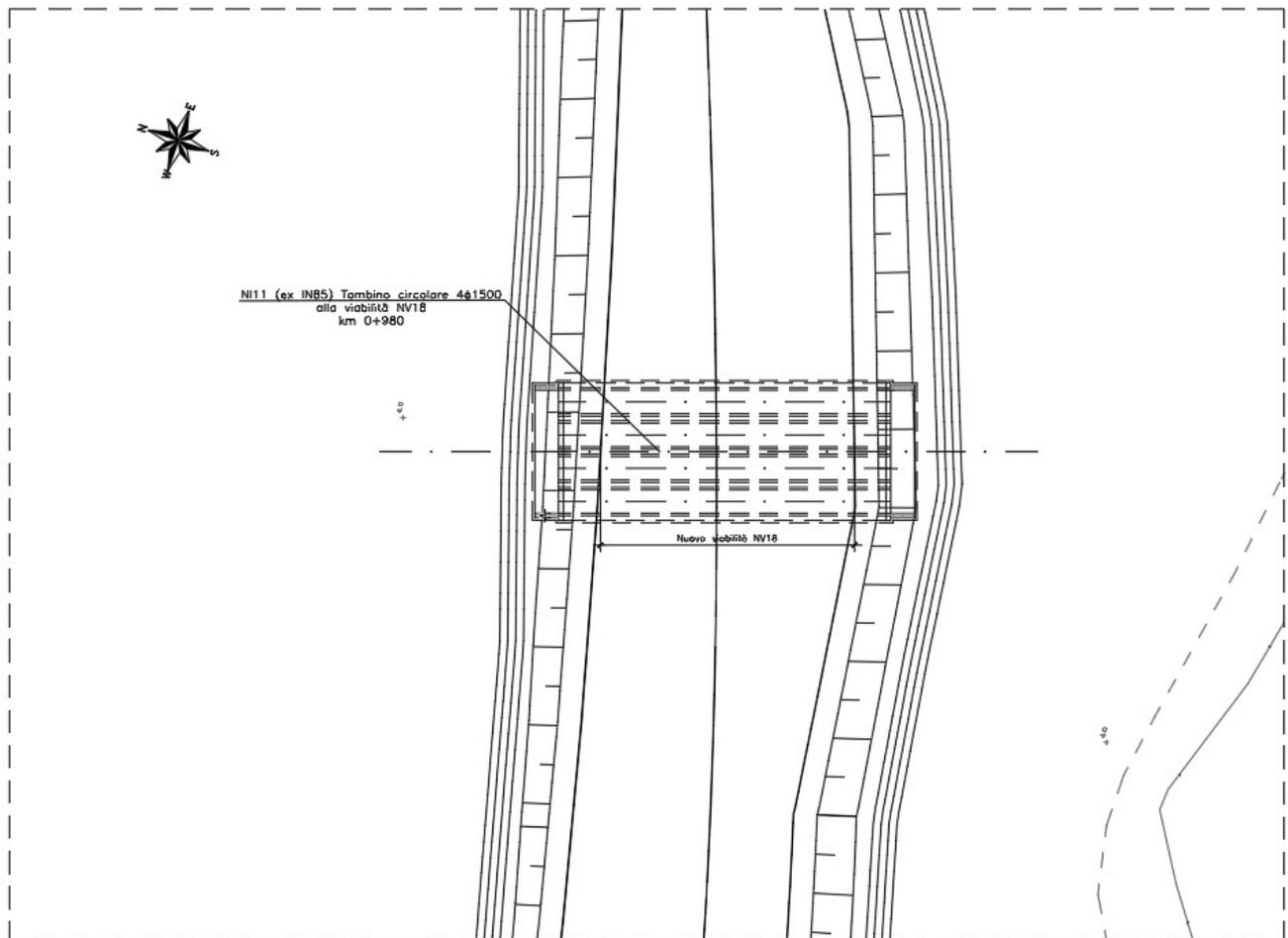


Fig. 1 – Inquadramento planimetrico

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	3

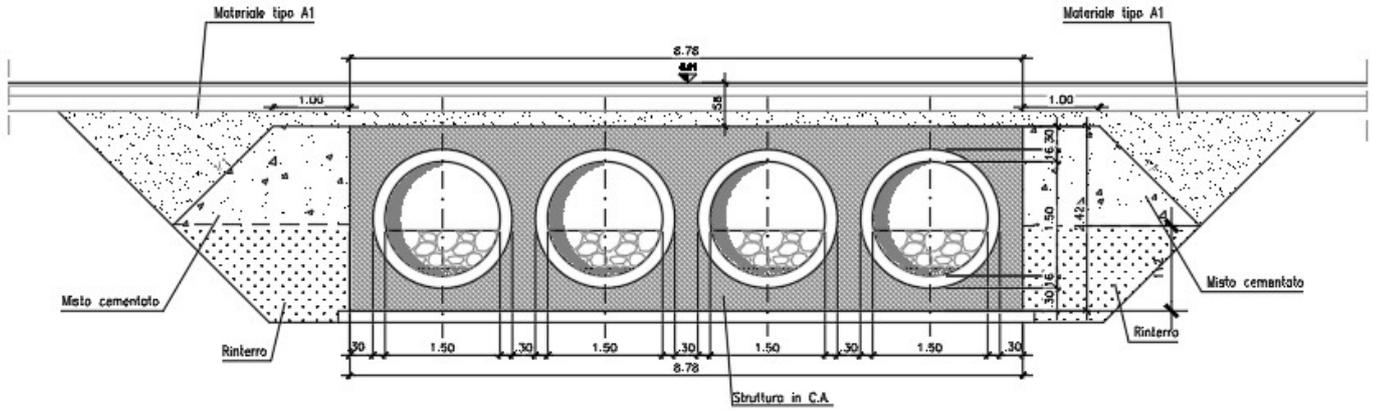


Fig. 2 – Sezione trasversale tipo

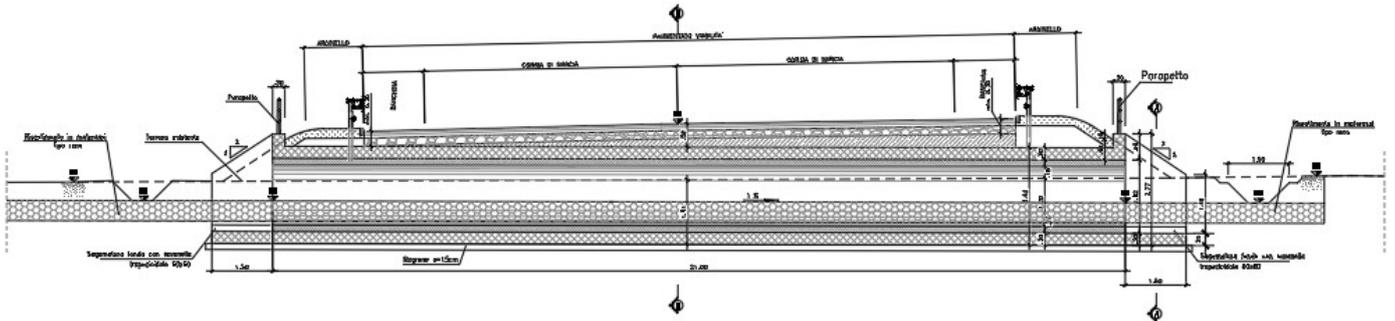


Fig. 3 – Sezione longitudinale

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
NI11- Relazione di calcolo tombino				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	4

1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Norme Tecniche per le Costruzioni, DM del 14/01/2008;
- Legge 05/01/1971 n°1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;
- Legge 02/02/1974 n°64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- C.M. 21/01/2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 E del 31/12/2020: Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture;
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 E del 30/12/2020 : Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale;
- RFI DTC SI PS SP IFS 001 E del 31/12/2020: Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;
- UNI EN 1991-1-4:2005: Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento;
- UNI EN 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1992-2:2006: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1993-1-1:2005: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1993-2:2007: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1998-1:2005: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
- UNI EN 1998-2:2006: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti;
- STI 2014 –Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	5

2 MATERIALI

2.1 CALCESTRUZZO MAGRONE

Conglomerato classe di resistenza C12/15 – Rck 15MPa

Resistenza caratteristica cubica:	Rck = 15 N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica:	fck = 12 N/mm ²
Classe di esposizione:	X0
Classe di consistenza slump:	S3

2.1 CALCESTRUCCO

Conglomerato classe di resistenza C32/40 – Rck 40MPa

Conforme alla UNI EN 206-1	
Classe di esposizione	XS1
Rck (UNI EN 206-2016)	>= 40 MPa
Classe di resistenza (UNI EN 206-2016)	C32/40
Tipo cemento	CEM III-V
Dimensione max aggregati	25 mm
Classe di consistenza	S4
Copriferro minimo	50 mm

2.2 ACCIAIO B450C

Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} = 450 \text{ MPa};$
Tensione di progetto:	$f_{yk} = 450 \text{ MPa};$
Tensione di progetto:	$f_{yk} = f_{yd} / \gamma_m$
in cui $\gamma_m = 1.15$	$f_{yd} = 450 / 1.15 = 391.3 \text{ MPa};$
Modulo Elastico	$E_s = 210'000 \text{ MPa}.$

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
NI11- Relazione di calcolo tombino				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	6

3 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

3.1 TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO

Per il terreno di ricoprimento dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche :

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

3.2 TERRENO DI FONDAZIONE

Per i parametri geologico-geotecnici si fa riferimento a: Geotechnica. Relazione geotecnica generale LI0B02EZZRGGE0005001B.

Unità CGC2 – (Argille limose e limi argillosi)

$g = 18.5\div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 10\div 20 \text{ kPa}$	coesione drenata
$F' = 20\div 28^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$V_s = 180\div 320 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 60\div 200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 160\div 520 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

3.3 INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

Il suolo viene modellato facendo ricorso all'usuale artificio delle molle elastiche alla Winkler.

La soletta inferiore viene divisa in 10 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno-struttura. Considerando un numero fisso e pari ad 11 di molle elastiche, la caratteristica elastica della generica molla viene calcolata attraverso la formulazione di Vogt:

- K_s = costante di sottofondo $[F/L^3]$
 - b_t = dimensione trasversale dell'opera
 - b_l = dimensione longitudinale dell'opera
 - E = modulo di Young del terreno
- $$k_s = \frac{1.33 \cdot E}{\sqrt[3]{b_t^2 \cdot b_l}} \quad (\text{il modello del calcolo è effettuato al metro})$$

Nella presente relazione si adotta un modulo di reazione verticale $K_s = 8177 \text{ kN/m}^3$

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle, ottenendo per le 5 molle centrali un valore di:

$$K_{\text{centrale}} = K_s \cdot L_{\text{int}} / 10 = 6051 \text{ kN/m}^2$$

I valori delle molle di spigolo si ottengono con la seguente formulazione:

$$K_{\text{bordo}} = K_s \cdot 3L_p / 4 = 3843.1 \text{ kN/m}^2$$

ed infine in valori delle molle nei nodi laterali:

$$K_{\text{laterali}} = K_s (L_{\text{int}} / 10 / 2 + L_p / 4) = 2453 \text{ kN/m}^2$$

$$K_{\text{orizzontali}} = 10 \cdot K_{\text{centrale}} = 60510 \text{ kN/m}^2$$

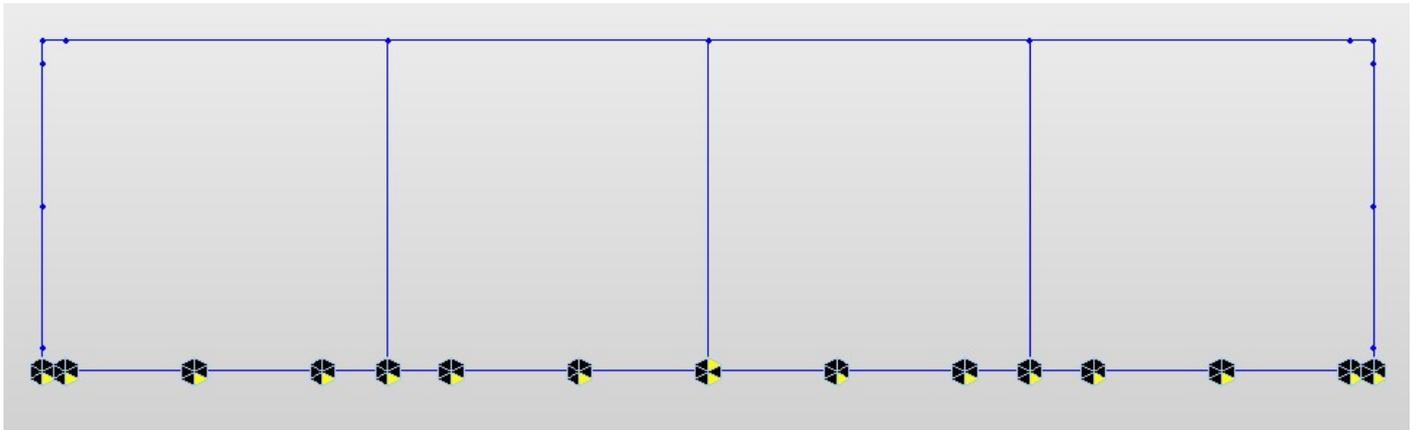


Fig. 4 – Modellazione molle elastiche in MIDAS

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
NI11- Relazione di calcolo tombino				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	8

4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

4.1 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (VN), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (CU)

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: VN = 75 anni. Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): Cu = 1.5.

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$ anni

4.2 PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 14-01-2008, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / V_R) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

- Categoria sottosuolo **C**

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 17.01.18, si ottiene per il sito in esame:

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro S.p.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO FASE 1 FASE 2 FASE 3

I valori delle caratteristiche sismiche (a_g , F_0 , T_c^*) per gli stati limite di normativa sono dunque:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	68	0.076	2.501	0.330
SLD	113	0.095	2.544	0.344
SLV	1068	0.221	2.527	0.419
SLC	2193	0.280	2.526	0.428

- a_g → accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- 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;
- S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T).

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	10

Le accelerazioni massime per i vari stati limite di normativa nelle condizioni di sito reali sono:

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.221 g
F_0	2.527
T_C	0.419 s
S_S	1.365
C_C	1.400
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.365
η	1.000
T_B	0.195 s
T_C	0.586 s
T_D	2.484 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

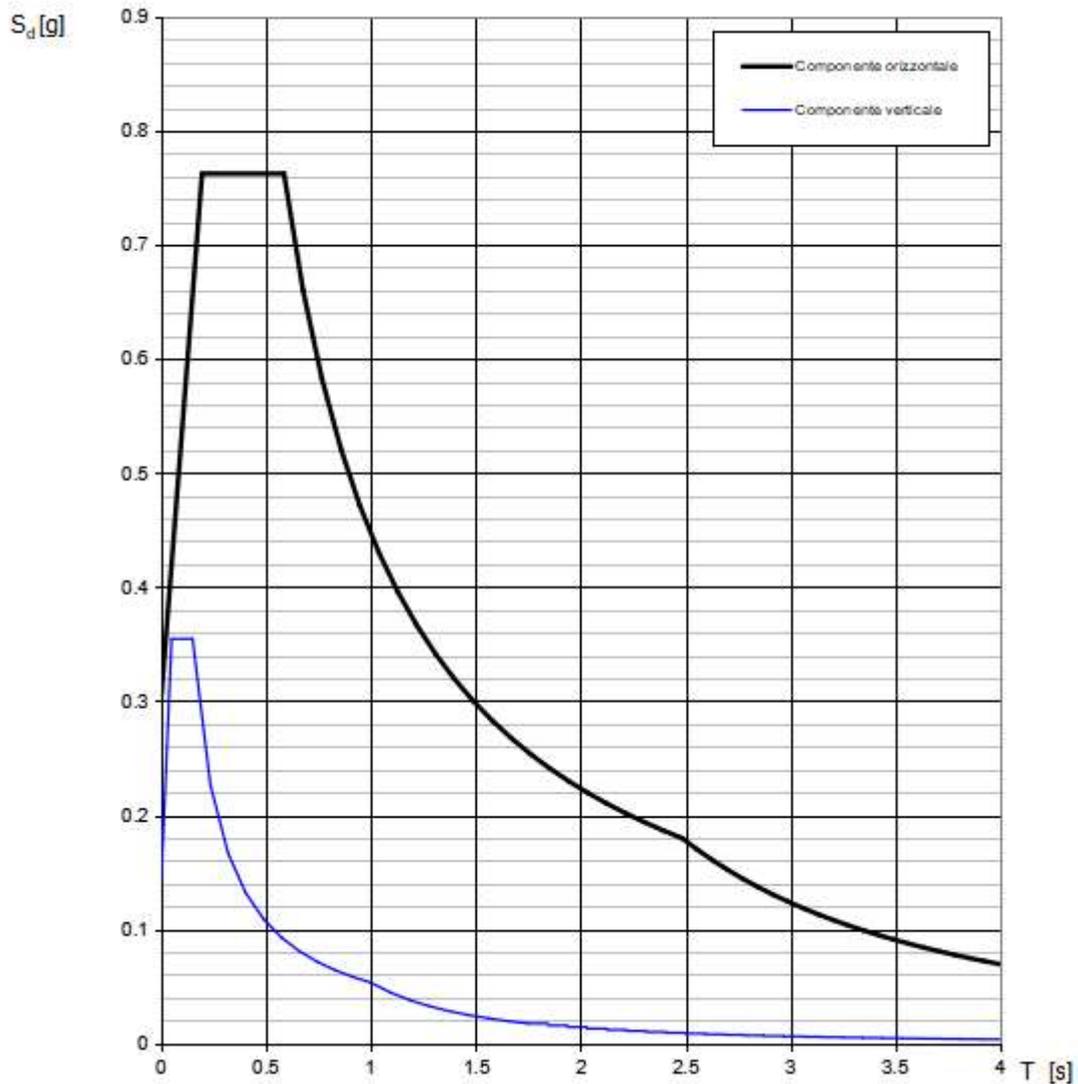
Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.302
0.195	0.762
0.586	0.762
0.676	0.660
0.767	0.583
0.857	0.521
0.947	0.471
1.038	0.430
1.128	0.396
1.219	0.366
1.309	0.341
1.399	0.319
1.490	0.300
1.580	0.283
1.671	0.267
1.761	0.254
1.851	0.241
1.942	0.230
2.032	0.220
2.123	0.210
2.213	0.202
2.303	0.194
2.394	0.187
2.484	0.180
2.556	0.170
2.629	0.161
2.701	0.152
2.773	0.144
2.845	0.137
2.917	0.130
2.990	0.124
3.062	0.118
3.134	0.113
3.206	0.108
3.278	0.103
3.350	0.099
3.423	0.095
3.495	0.091
3.567	0.087
3.639	0.084
3.711	0.081
3.783	0.078
3.856	0.075
3.928	0.072
4.000	0.069

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	11

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



Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001	REV C

5 VERIFICHE STRUTTURALI

5.1 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

5.1.1 Verifiche a Pressoflessione

Con riferimento alla sezione pressoinflessa assieme ai diagrammi di deformazione e di sforzo riportati nelle figure seguenti, la verifica di resistenza (SLU) si esegue controllando che:

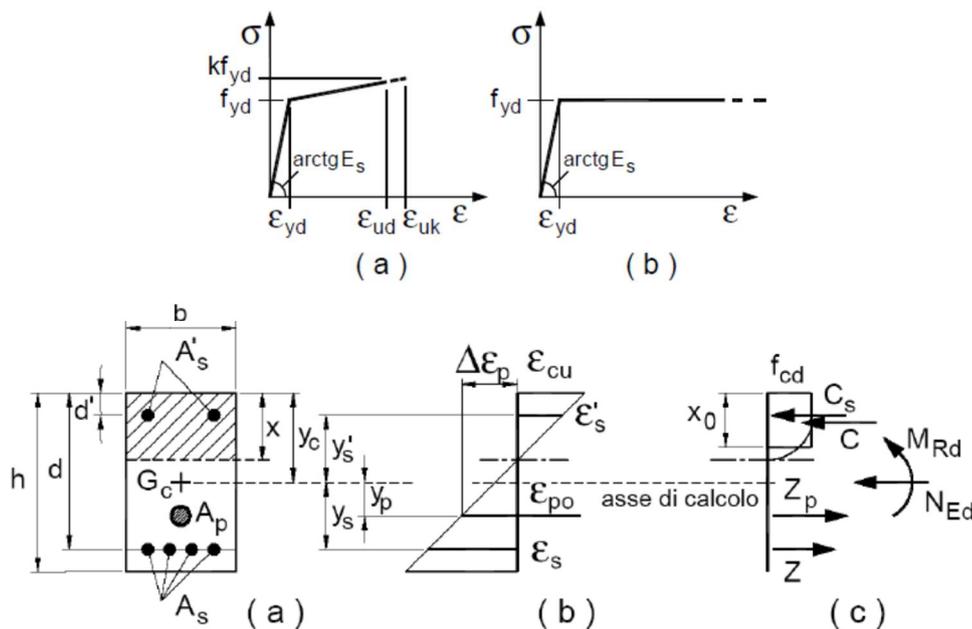
$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove

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

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

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



5.1.2 Verifiche a Taglio

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

$$1 \leq \text{ctg} \Theta \leq 2,5$$

Per la verifica di resistenza (SLU) si dovrà avere che:

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

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

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è data da:

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

Circa il calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola invece con la:

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

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

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

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	13

dove

d altezza utile della sezione (in mm);
 b_w larghezza minima della sezione (in mm).
 A_{sw} area dell'armatura trasversale;
 s interasse tra due armature trasversali consecutive;
 α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;
 f'_{cd} resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$);
 α_c coefficiente maggiorativo pari a

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

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

5.2 VERIFICA S.L.E.

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

5.2.1 Verifiche alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22-12-17", ovvero:

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$;
- per combinazioni di carico quasi permanente: $0,40 f_{ck}$;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare $0,75 f_{yk}$.

5.2.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
NI11- Relazione di calcolo tombino				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	14

Tabella 1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali

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

Tabella 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

Risultando:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame (XS1) così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

$$\text{Combinazione Caratteristica (Rara)} \quad \delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura del D.M. 9 gennaio 1996, in accordo a quanto previsto al punto “C4.1.2.2.4.6 Verifica allo stato limite di fessurazione” della Circolare n.617/09.

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	15

6 SOFTWARE DI CALCOLO

Il codice di calcolo utilizzato per l'analisi del Sottovia è il software agli elementi finiti Midas Civil 2021 versione 21.1 prodotto dalla «MIDAS Information Technology Co., Ltd.». Il pacchetto software comprende pre – post processore grafico interattivo destinato all'input della geometria di base ed alla manipolazione dei risultati di output ed un risolutore ad elementi finiti in campo lineare e non lineare; il medesimo solutore è impiegato per le analisi effettuate nello studio della fase sismica e per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali.

Per le verifiche delle sezioni in c.a., si impiega sempre il software di calcolo Midas Civil.

Il programma consente la verifica di sezioni in cemento armato, soggette a presso-flessione o tenso-flessione retta o deviata, sia allo Stato Limite Ultimo che allo Stato Limite di Esercizio .

Le unità di misura adottate sono le seguenti:

- lunghezze: m
- forze: kN
- masse: kN massa
- temperature: gradi centigradi
- angoli: gradi sessadecimali o radianti
- si assume l'uguaglianza 1 kN = 100 kg

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	16

7 SOTTOPASSO CIRCOLARE 4D1500MM

La dimensione esterna è di 8.78m e l'altezza esterna pari a 2.42m, con soletta superiore di spessore 0.30m, piedritti di spessore 0.30m e soletta inferiore di spessore 0.30m.

Nel seguito verrà esaminata una striscia di scatolare avente lunghezza di 1.00 m. In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera.

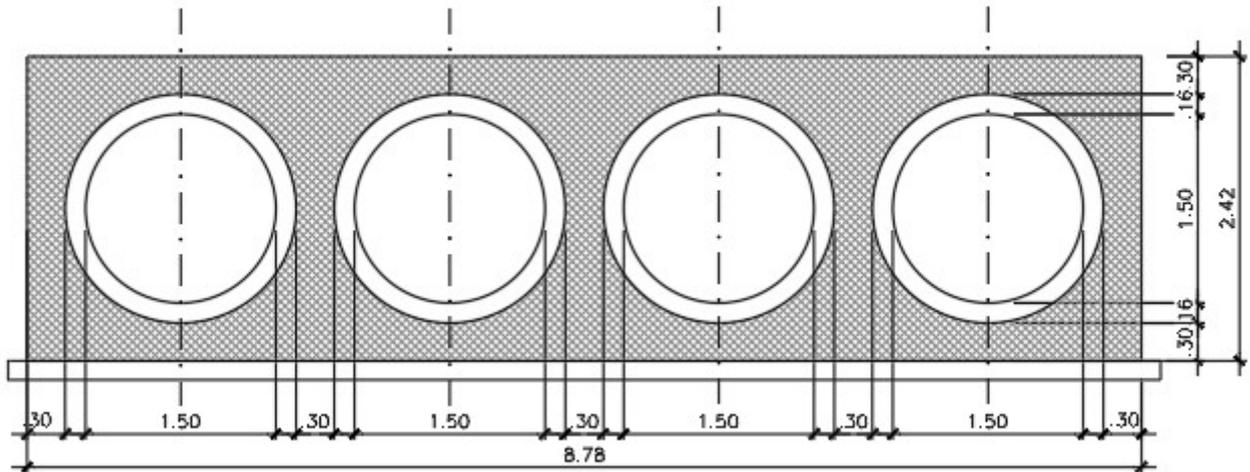


Fig. 5 – Geometria dell'opera

DATI GEOMETRICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Larghezza totale	L _{tot}	8.78	m
Larghezza utile	L _{int}	8.18	m
Larghezza interasse	L _a	8.48	m
Spessore soletta superiore	S _s	0.30	m
Spessore piedritti	S _p	0.30	m
Spessore fondazione	S _f	0.30	m
Altezza totale	H _{tot}	2.42	m
Altezza libera	H _{int}	1.82	m
Altezza interasse	H _a	2.12	m
Spessore medio del ballast (armamento ferroviario)	H _b	0.58	m
Spessore pavimentazione stradale interna		0.45	m

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
NI11- Relazione di calcolo tombino				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	17

7.1 MODELLO DI CALCOLO

Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello del telaio chiuso su letto di molle alla Winkler.

Il modello considerato per l'analisi è quello di uno scatolare di profondità unitaria (1.00m) soggetto alle azioni da traffico di norma e quelle permanenti. In corrispondenza dei vertici dello scatolare sono state inserite delle zone rigide pari a metà spessore degli elementi.

Nella modellazione vengono impiegati elementi finiti di tipo trave a 6 GL, che ovviamente nell'analisi 2D condotta (telaio piano) si riducono a 3. Ai suddetti elementi sono assegnate le caratteristiche inerziali della struttura reale derivanti dalle proprietà dei materiali e dalla geometria della sezione.

La geometria del modello ricalca la linea baricentrica degli elementi costituenti l'opera (modello in asse), pertanto alle intersezioni delle aste viene applicato un offset rigido che tiene conto delle dimensioni effettive delle sezioni degli elementi, in modo da tener conto delle effettive luci della struttura.

Il terreno di fondazione è stato modellato utilizzando la schematizzazione alla Winkler con un opportuno coefficiente di sottofondo.

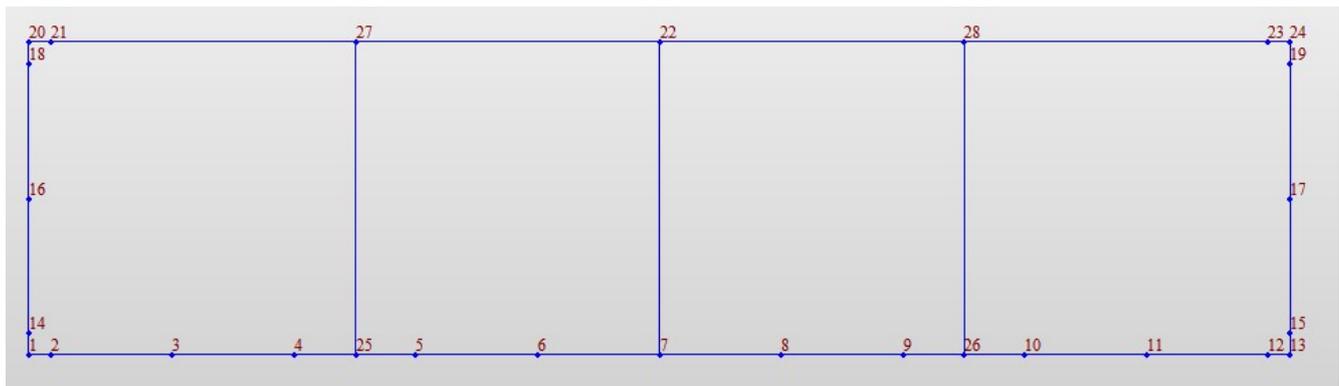


Fig. 6 – Numerazione dei nodi nel modello strutturale

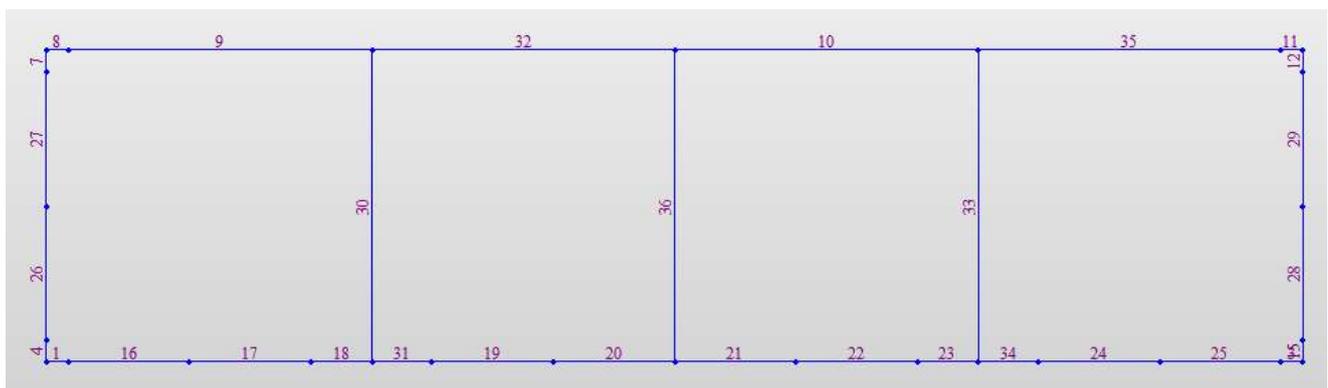


Fig. 7 – Numerazione dei frame nel modello strutturale

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

7.2 ANALISI DEI CARICHI

7.2.1 Peso proprio della struttura (DEAD)

Il peso proprio delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il c.a. $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$. Il peso proprio viene automaticamente calcolato dal programma in base alle dimensioni delle sezioni degli elementi.

7.2.2 Carichi permanenti portati (PERM)

Sul solettone superiore si considera uno spessore di ricoprimento di 0.58m con peso di unità di volume $\gamma_{ric} = 22 \text{ kN/m}^3$ (PERM).

$$q = S_{ball} \times \gamma_{ball} = 12.76 \text{ kN/m}$$

Oltre viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 20 e 24, la parte di spinta del ricoprimento esercitata su 1/2 spessore della piedritti.

$$Q = q \times S_p / 2 = 1.9 \text{ kN}$$

Inoltre, sul solettone inferiore si considera uno spessore pavimentazione a $s_{pav} = 0.45 \text{ m}$ con peso di unità di volume $\gamma_{ball} = 22.00 \text{ kN/m}^3$ (PERM).

$$q = s_{pav} \times \gamma_{ball} = 0.45 \times 22.00 = 9.90 \text{ kN/m}$$

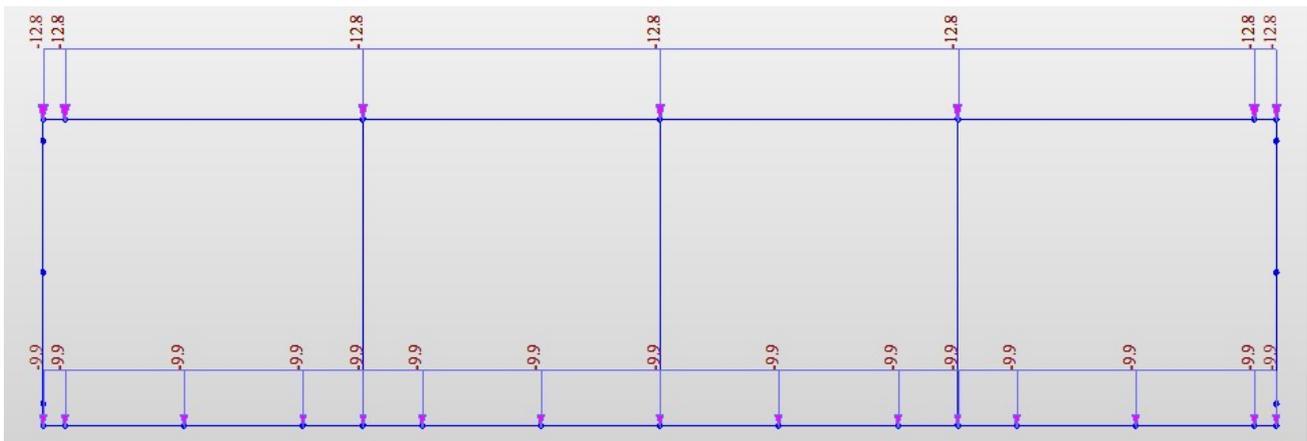


Fig. 8 – Carichi distribuiti verticali permanenti (PERM)

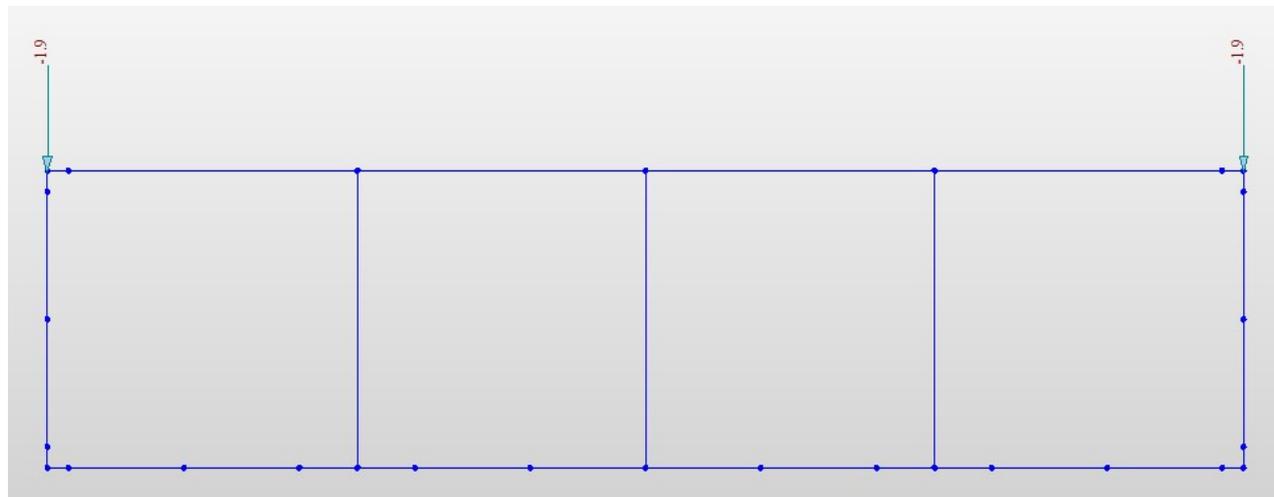


Fig. 9 – Carichi puntuali verticali permanenti (PERM)

LINEA PESCARA – BARI

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

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	19

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
NI11- Relazione di calcolo tombino				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	20

7.2.3 Spinta sui piedritti dovuta al terreno (STD, STS)

Per il rinterro si prevede un terreno avente angolo di attrito $\varphi = 35^\circ$ ed un peso di volume $\gamma = 20.00 \text{ kN/m}^3$, il coefficiente di spinta viene calcolato, considerando l'elevata rigidità dello scatolare, utilizzando la formula

$$K_o = 1 - \sin\varphi' = 0.426$$

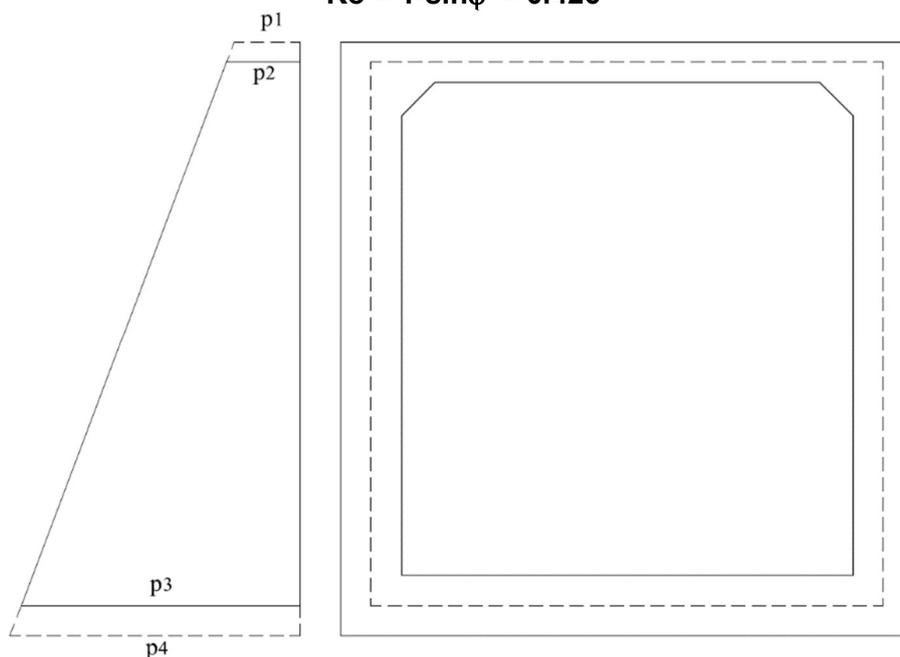


Fig. 10 – Spinta del terreno

Cond. STR				
$p_1 =$	4.5	kN/m		Pressione estradosso soletta superiore
$p_2 =$	5.9	kN/m		Pressione in asse soletta superiore
$p_3 =$	23.1	kN/m		Pressione in asse soletta inferiore
$p_4 =$	24.3	kN/m		Pressione intradosso soletta inferiore

In più, viene aggiunto, come carico concentrato nei nodi di estremità del piedritto la parte di spinta del terreno esercitata su metà spessore della soletta superiore e quello agente su metà spessore della soletta inferiore.

Carico concentrato sui nodi 1,13,20 e 24				
Nodi sup.	$1/2 * (p_1 + p_2) * S_s/2$	0.8	kN	Spinta semispessore soletta superiore
Nodi inf.	$1/2 * (p_3 + p_4) * S_f/2$	3.6	kN	Spinta semispessore soletta inferiore

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

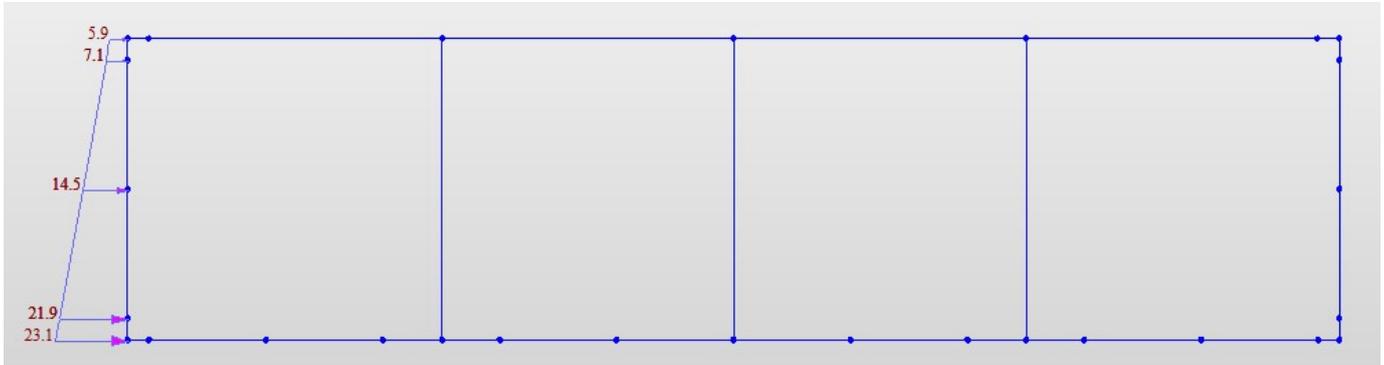


Fig. 11 –Applicazione Spinta terreno (simile per piedritto destro) (STS, STD)

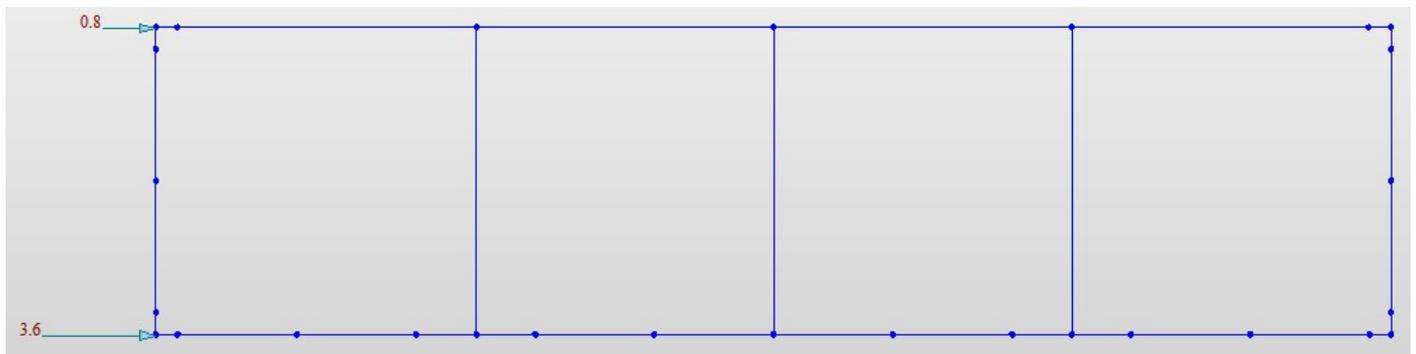


Fig. 12 –Applicazione carico concentrato sul piedritto sinistro (simile per piedritto destro) (STS, STD)

7.2.4 Carichi stradali (ACC1, ACC2)

In conformità alla normativa di riferimento (N.T.C.2008 §5.1.3.3), si prendono in considerazione i carichi mobili per ponti di 1° categoria come nella figura seguente:

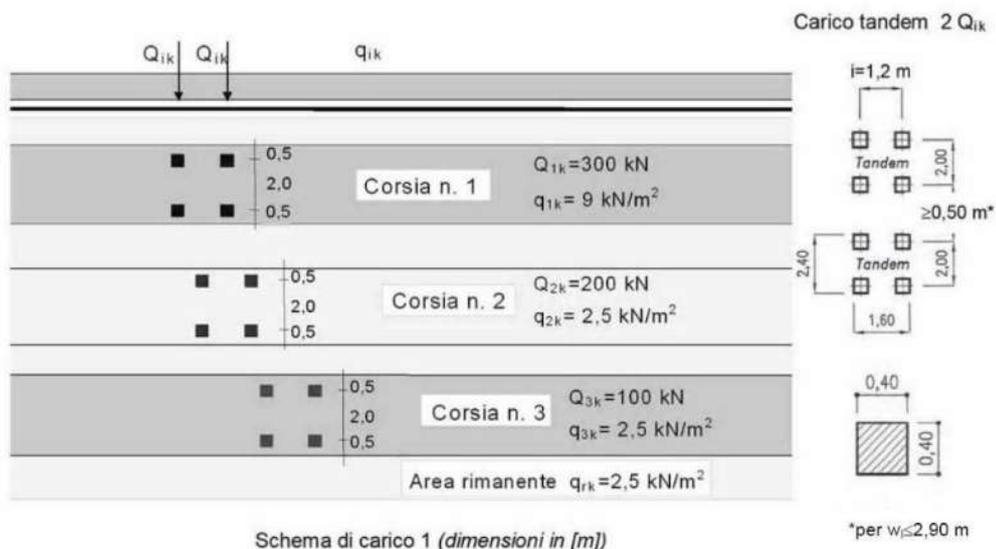


Fig. 13 – NTC18-schema di carico 1

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

Sulla fondazione della struttura si applica un carico uniformemente distribuito dovuto al traffico stradale. Il valore del carico viene definito dopo la distribuzione dei carichi tandem sul rilevato stradale presente tra i muri laterali, al quale si aggiunge anche la parte del carico distribuito di 9 kN/m².

Per massimizzare gli effetti del carico mobile in termini di sollecitazioni flettenti e taglio sugli elementi strutturali, sono state definite tre distinte configurazioni di carico (ACC1, ACC1-A, ACC2).

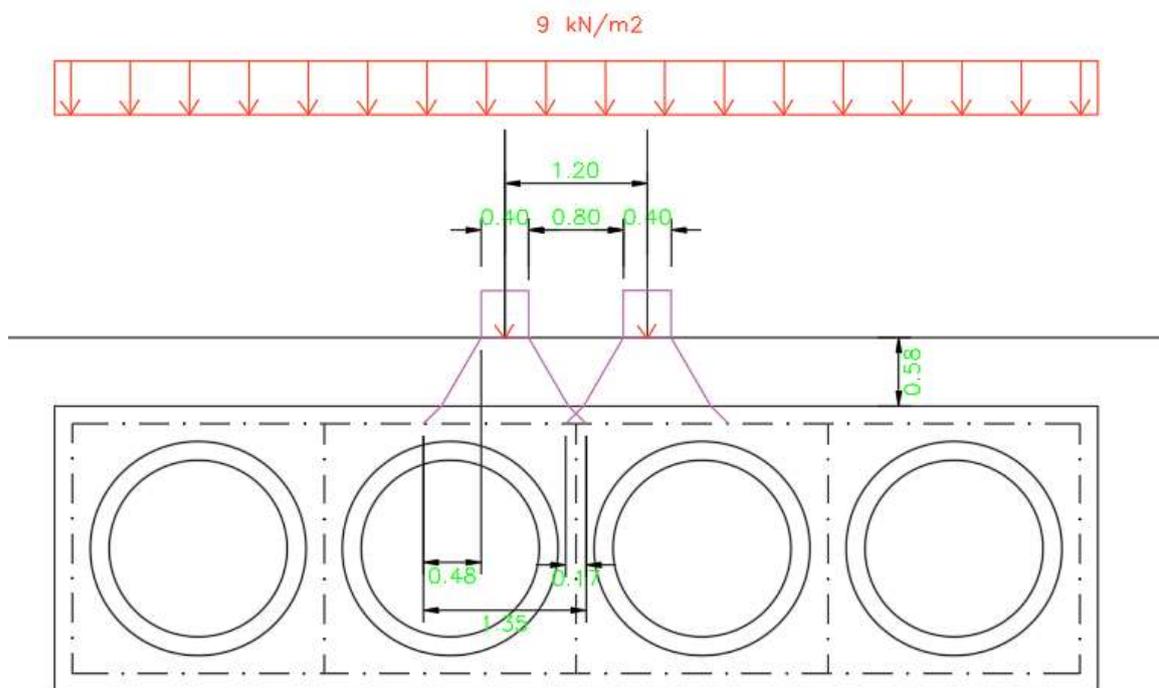


Fig. 14 – Schema di distribuzione del carico mobile considerate ACC1

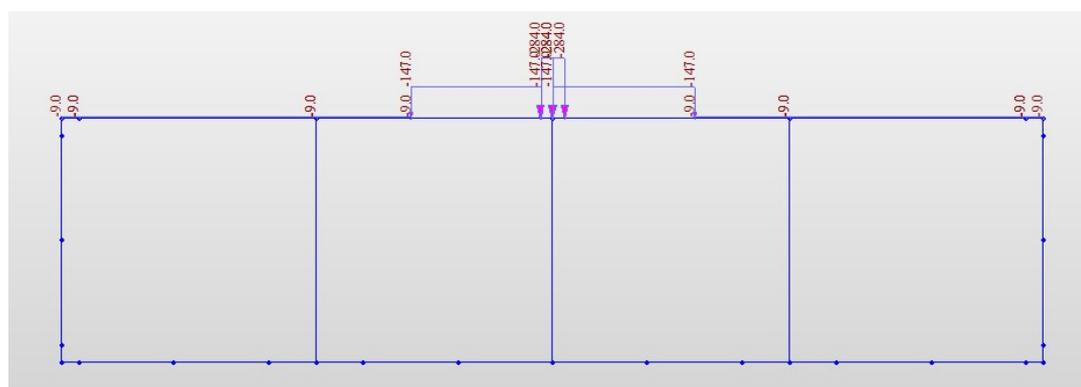


Fig. 15 – Carico mobile considerate ACC1, sul MIDAS

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	24

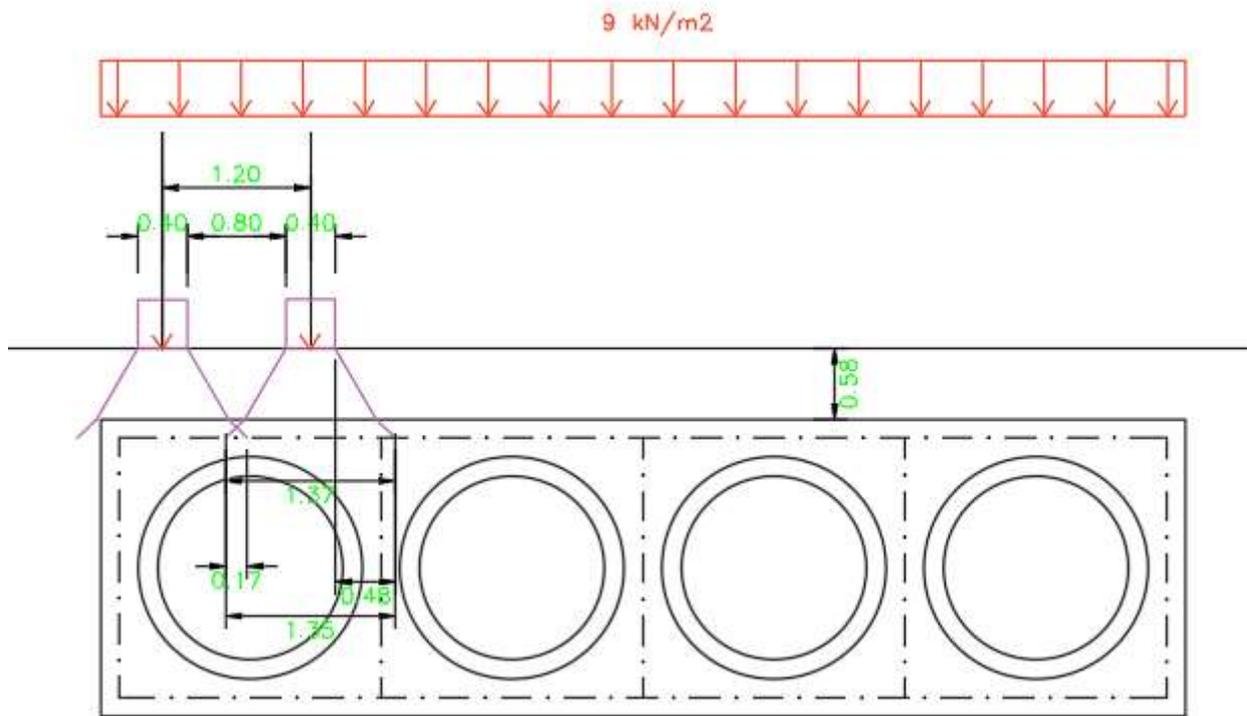


Fig. 18 – Schema di distribuzione del carico mobile considerate ACC2

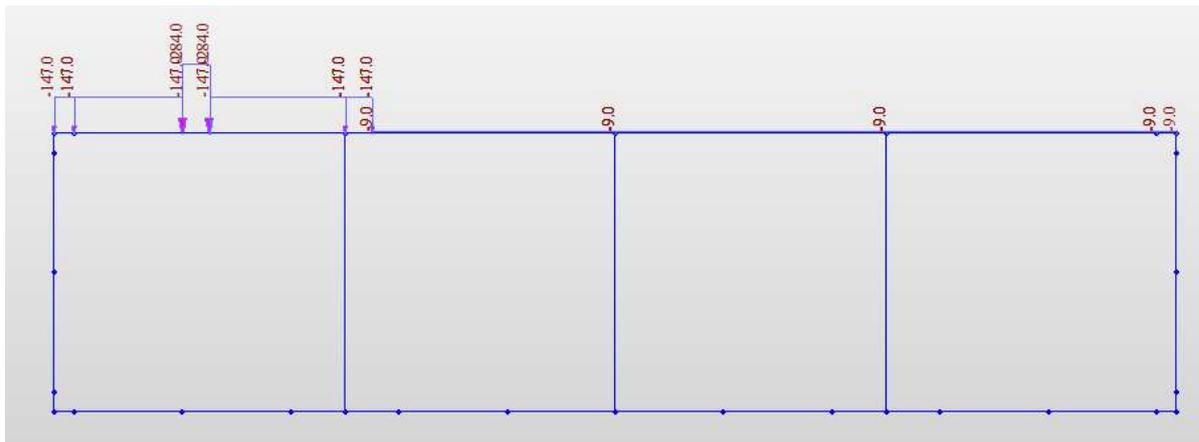


Fig. 19 –Carico mobile considerate ACC2, sul MIDAS

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
NI11- Relazione di calcolo tombino				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	25

7.2.5 Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico (SAS e SAS-Tandem)

Il carico tandem veicolare adiacente i piedritti, ai fini del calcolo delle spinte delle terre sulla struttura (coerentemente con quanto prescritto dalla vigente normativa al punto C5.1.3.3.7.1), è stato computato mediante un carico distribuito equivalente, di intensità pari alla somma dei carichi concentrati costituenti il tandem veicolare, applicato su una superficie di 3.00x2.2 m. Inoltre, si è adottata una diffusione del carico a 30°. Nella tabella seguente si riportano, suddivisi per corsie, i carichi adottati.

Corsie	Sup. distribuzione	Carichi tandem	Distribuzione dei carichi concentrati	Carichi ripartiti
Corsia n°1	$A = 3.0 \times 2.2 = 6.6 \text{ m}^2$	$P = 4 \times 150 = 600 \text{ kN}$	$Q = 600 / 6.6 = 90.9 \text{ kN/m}^2$	$q = 9 \text{ kN/m}^2$

La distribuzione delle spinte delle terre sul piedritto è nelle figure seguente in cui si indicano, in funzione della profondità dalla livelletta stradale l'andamento delle spinte indotte dai carichi tandem equivalenti e dai carichi ripartiti della prima corsia (azzurro), della seconda corsia (rosso) e dei marciapiedi (verde).

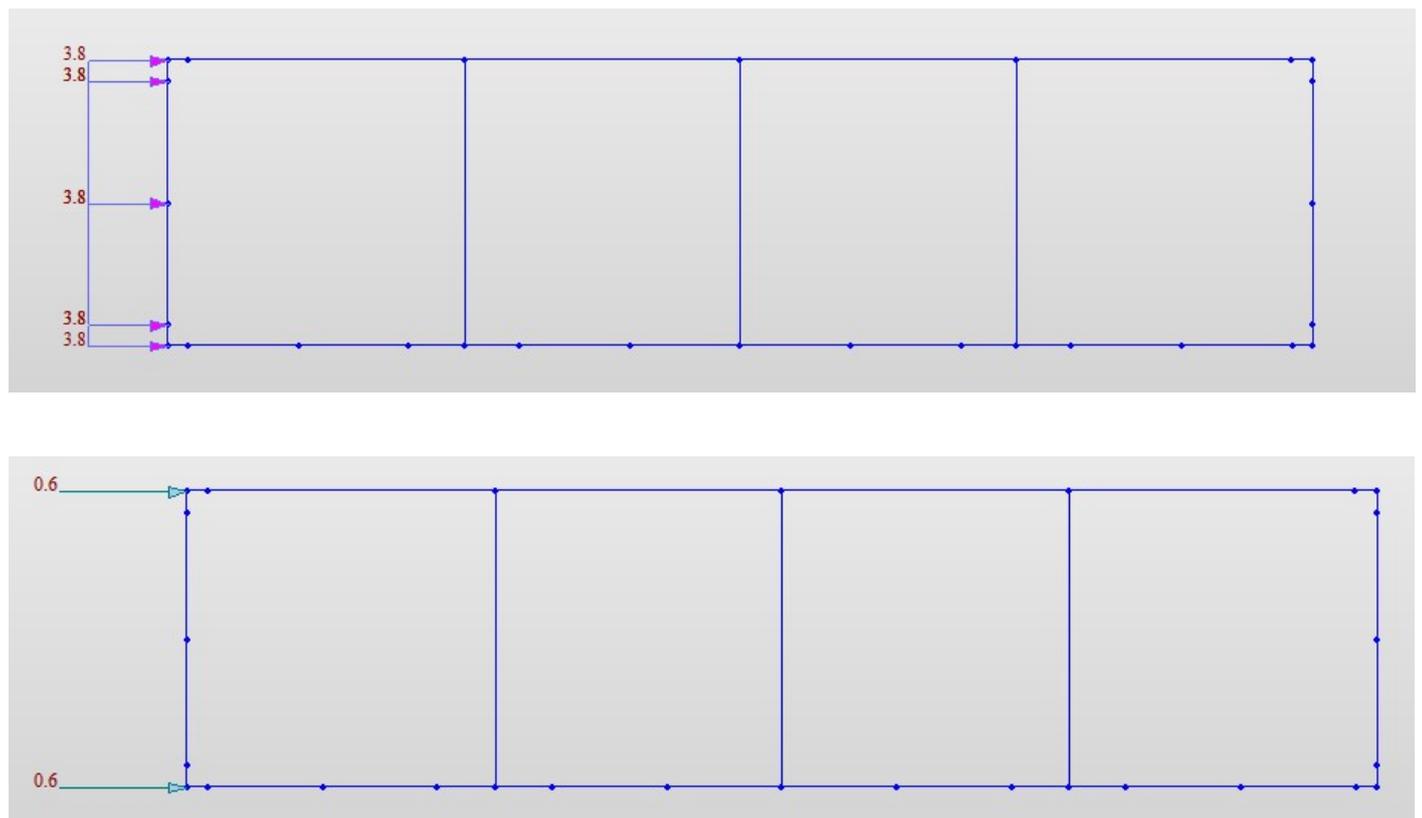


Fig. 20 – Spinta dei carichi ripartiti SAS

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	26

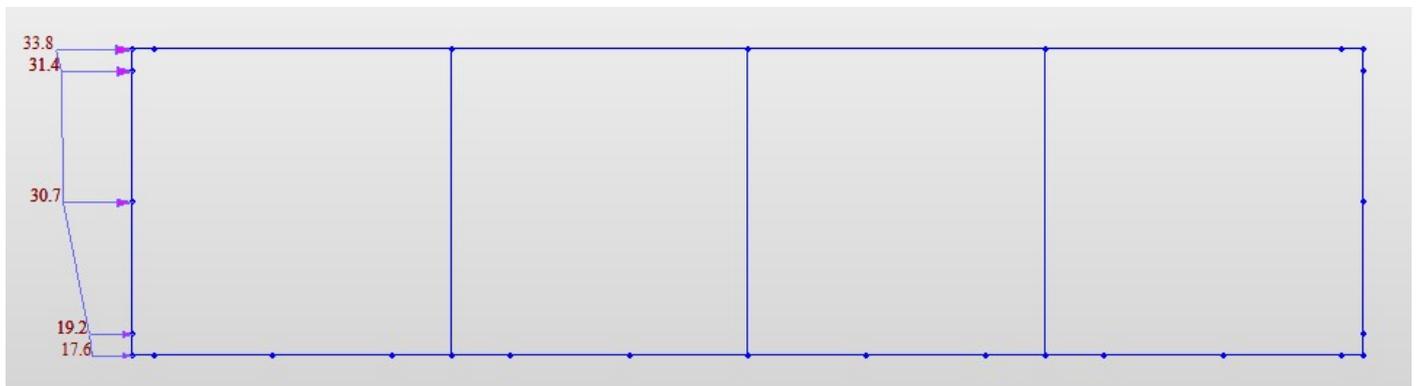
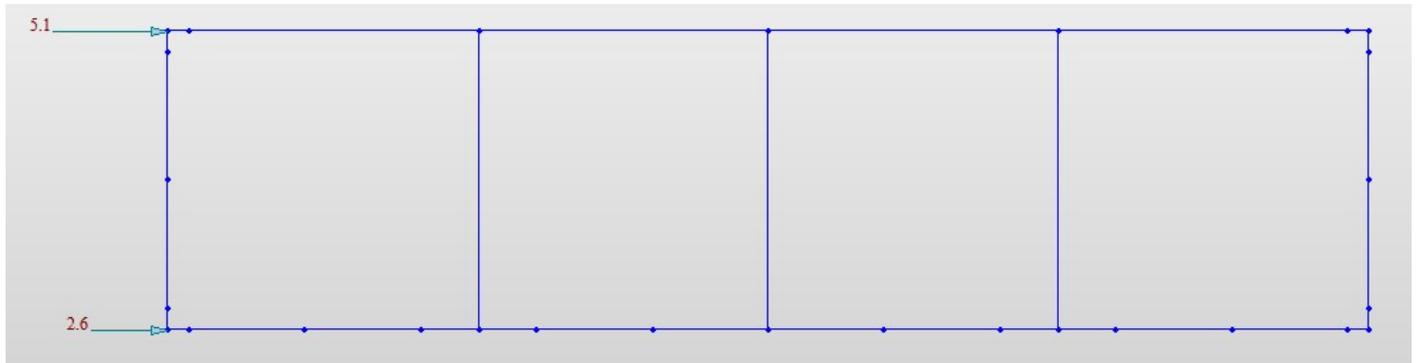


Fig. 21 – Spinta dei Tandem (SAS-Tandem)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

7.2.6 Azione di frenatura e avviamento (AVV)

La forza di frenamento/accelerazione è determinata secondo la seguente relazione:

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0.6 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0.1 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

essendo w_1 la larghezza della corsia e L la lunghezza della zona caricata. La forza, applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia, è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata e include gli effetti di interazione.



Fig. 22 –Avviamento (AVV)

7.2.7 Ritiro differenziale della soletta di copertura

Si considera una variazione termica uniforme equivalente sulla soletta superiore come da calcolo seguente. Il calcolo viene condotto secondo le indicazioni dell'EUROCODICE 2-UNI EN1992-1-1 Novembre 2005 e DM 14-01-2008

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura ed applicati nel modello come una variazione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	28

Clis a t=0

$f_{ck} = 32$ Mpa
 $f_{cm} = 40$ MPa
 $\alpha = 0.00001$
 $E_{cm} = 33345764$ kN/m²
 cls tipo = **R**
 $k = 1$ coef. di correzione di E_{cm}

$E_{cm} = 33345764$ kN/m²

Tempo e ambiente

$t_s = 2$ gg età del calcestruzzo in giorni, all'inizio del ritiro per essiccamento
 $t_o = 2$ gg età del calcestruzzo in giorni al momento del carico
 $t = 25550$ gg età del calcestruzzo in giorni
 $h_o = 2Ac/u = 600$ mm dimensione fittizia dell'elemento di cls
 $Ac = 300000.00$ mmq sezione dell'elemento
 $u = 1000$ mm perimetro a contatto con l'atmosfera
 $RH = 80$ % umidità relativa percentuale

Coefficiente di viscosità $\phi(t, t_o)$ e modulo elastico E_{ct} a tempo "t"

$\phi(t, t_o) = \phi_o \beta_c(t, t_o) = 2.055$

$\phi_o = \phi RH \beta_{\chi}(f_{cm}) \beta_{\chi}(t_o) = 2.088$ coefficiente nominale di viscosità

$\phi_{RH} = 1 + \left[\frac{1 - RH/100}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_o}} \alpha_1 \right] \alpha_2 = 1.210$ coefficiente che tiene conto dell'umidità

$\alpha_1 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.7} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.911$ coeff. per la resistenza del cls

$\alpha_2 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.2} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.974$ coeff. per la resistenza del cls

$\beta_c(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.656313$ coefficiente che tiene conto della resistenza del cls

$\beta_c(t_o) = \frac{1}{(0.1 + t_o^{0.20})} = 0.649$ coefficiente per l'evoluzione della viscosità nel tempo

$t_o = t_o \left(\frac{9}{2 + t_o^{1.2}} + 1 \right)^{\alpha} \geq 0.5 = 6.19$ tempo t_o corretto in funzione della tipologia di cemento

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	29

$\alpha = 1$

coefficiente per il tipo di cemento (-1 per Classe S, 0 per Classe N, 1 per Classe R)

S	-1
N	0
R	1

$$\beta_c(t, t_0) = \left[\frac{(t - t_0)}{(\beta_H + t - t_0)} \right]^{0.3} =$$

0.984

coeff. per la variabilità della viscosità nel tempo

$$\beta_H = 1.5 \left[1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right] h_0 + 250 \cdot \alpha_3 \leq 1500 \cdot \alpha_3 =$$

1403.1

coefficiente che tiene conto dell'umidità relativa

$$\alpha_3 = \begin{cases} (35 / f_{cm})^{0.5} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} =$$

0.935

coeff. per la resistenza del calcestruzzo

Il modulo elastico al tempo "t" è pari a:

$$E_{cm}(t, t_0) = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(t, t_0)} = 10916732 \text{ kN/m}^2$$

Deformazione di Ritiro

$$\varepsilon_s(t, t_0) = \varepsilon_{ca}(t) + \varepsilon_{ca}(t) =$$

0.000304 deformazione di ritiro $\varepsilon(t, t_0)$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) K_b \varepsilon_{ca,0} =$$

0.000249 deformazione dovuta al ritiro per essiccamento

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \left[\frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0.04 \sqrt{h_0^3}} \right] =$$

0.977507

$K_h = 0.7$

parametro che dipende da h_0 secondo il prospetto seguente

Valori di K_h

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

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	30

Valori di Kh intermedi a quelli del prospetto vengono calcolati tramite interpolazione lineare.

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.85 \left[(220 + 110\alpha_{ds1}) \cdot \exp(-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}) \right] 10^{-6} \beta_{RH} = 0.000364 \text{ deformazione di base}$$

$$\beta_{RH} = 1.55 \left[1 - \left(\frac{RH}{RH0} \right)^3 \right] = 0.7564$$

$$f_{cm0} = 10 \text{ MPa}$$

$$RH0 = 100 \%$$

$$\alpha_{ds1} = 6 \quad \text{coefficiente per il tipo di cemento (3 per Classe S, 4 per Classe N, 6 per Classe R)}$$

$$\alpha_{ds2} = 0.11 \quad \text{coefficiente per il tipo di cemento (0.13 per Classe S, 0.12 per Classe N, 0.11 per Classe R)}$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{cao} = 0.000055 \text{ deformazione dovuta al ritiro autogeno}$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) = 1$$

$$\varepsilon_{cao} = 2.5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} = 0.000055$$

Variazione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:

$$\Delta T_{ritiro} = - \frac{\varepsilon_s(t, t_0) \cdot E_{cm}}{(1 + \varphi(t, t_0)) \cdot E_{cm} \cdot \alpha} = -9.96 \text{ } ^\circ\text{C}$$

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura.

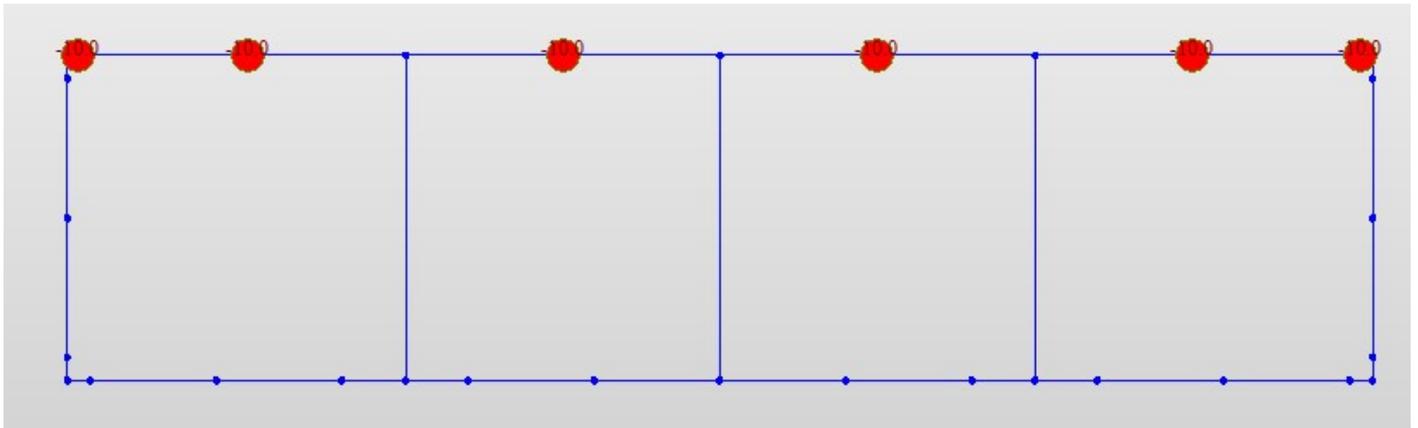


Fig. 23 – Ritiro

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro S.p.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

7.2.8 Azioni indotte dalle variazioni termiche (ΔT)

La variazione termica uniforme applicata alla soletta di copertura è pari a $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$.

La variazione termica a farfalla applicata alla soletta di copertura è pari a $\Delta T = \pm 5^\circ\text{C}$.

L'azione è applicata alla soletta superiore dello scatolare.

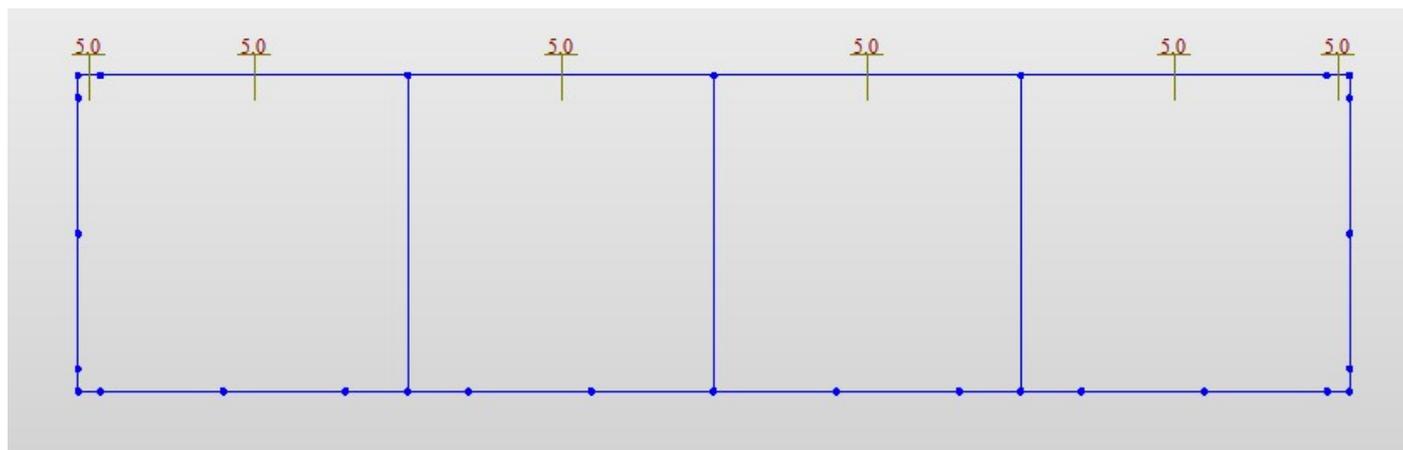


Fig. 24 – ΔT

7.3 AZIONE SISMICA

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k . Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale $F_h = k_h \cdot W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v \cdot W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni: $k_h = a_{\max}/g$

$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$

Con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale ai fini del calcolo dell'azione sismica secondo il DM 14/01/2008 viene assegnata all'opera una vita nominale $V_N \geq 75$ anni ed una III classe d'uso $C_u = 1.5$; segue un periodo di riferimento $V_R = V_N \cdot C_u = 113$ anni

A seguito di tale assunzione si ottiene allo stato limite ultimo SLV in funzione della Latitudine e Longitudine del sito in esame un valore dell'accelerazione pari a $a_g = 0.221 \text{ g}$.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

dove assumendo un terreno di tipo B ed in base al fattore di amplificazione del sito F_o si ottiene:

$S_s = 1.36$ Coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_t = 1$ Coefficiente di amplificazione topografica

ne deriva che:

$$a_{\max} = 1.36 \cdot 1 \cdot 0.22 \text{ g} = 0.302 \text{ g}$$

$$k_h = a_{\max}/g = 0.302$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0.151$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

7.3.1 Sovrappinta sismica del terreno(SISSX)

Le spinte delle terre potranno essere determinate secondo la teoria di Wood. secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinato con la seguente espressione:

$$\Delta S_E = (a_{max}/g) * \gamma * H_{tot}^2$$

$$\Delta S_E = (a_{max}/g) * \gamma * H_{tot} = 11.25 \text{ kN/ml}$$

Tale risultante applicata ad un'altezza pari ad $H_{tot}/2$.sarà considerata agente su uno solo dei piedritti dell'opera.

Inoltre, vengono aggiunte, come carichi concentrati nei nodi 1 e 20 le seguenti forze, derivante dalla parte di spinta agente su metà spessore della soletta:

Nodi sup.&inf (SISX) sui nodi 1 e 20		
$Q_h * S_s / 2$	1.7	kN
$Q_h * S_s / 2$	1.7	kN

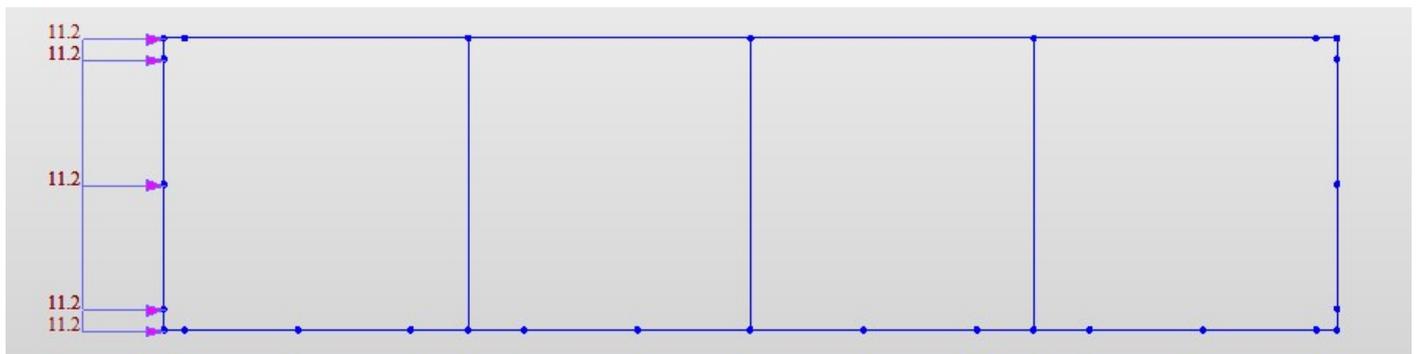


Fig. 25 – Sovrappinta sismica distribuite

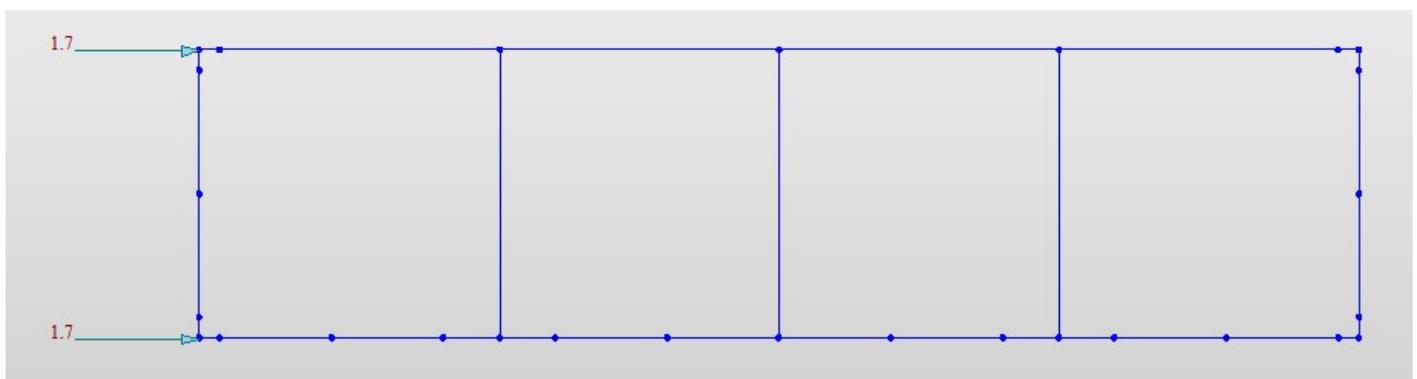


Fig. 26 – Sovrappinta sismica concentrati nei node

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

7.3.2 Forze inerziali (INERZIEH e SISVER)

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti, di cui la componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

Forze d'inerzia orizzontali sullo scatolare e sul terreno di ricoprimento della soletta SLV

$F_{o,ballast+ricop+mass} =$	\pm	3.56	kN/m ²
$F_{o,soletta} =$	\pm	2.09	kN/m ²
$F_{o,montante} =$	\pm	2.09	kN/m ²

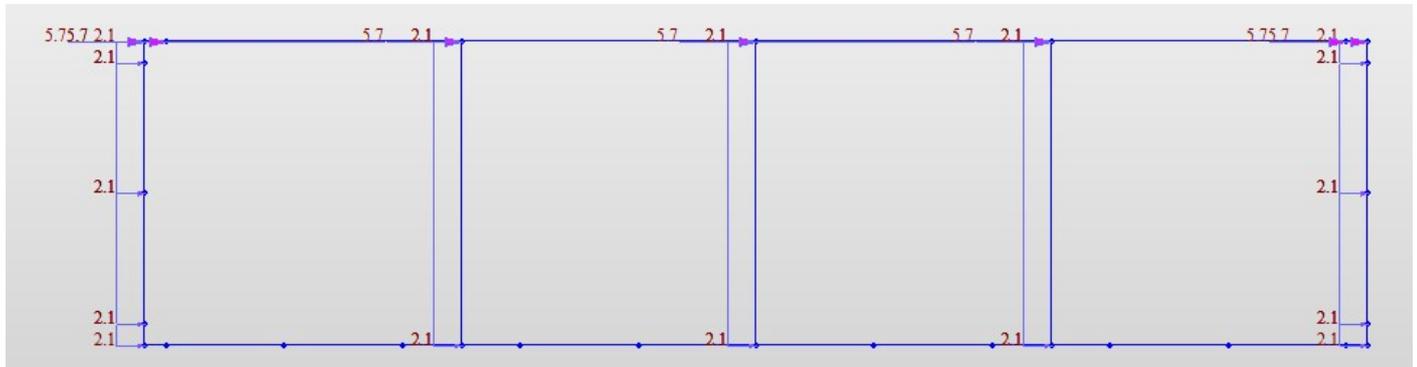


Fig. 27 – INERZIEH

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti, di cui la componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli. Le masse sismiche sono valutate considerando le azioni dovute al carico da traffico veicolare con coefficiente pari a 0.2 essendo il carico stradale rilevante in accordo con quanto prescritto al punto 3.2.4 delle NTC08.

Forze d'inerzia verticali sullo scatolare e sul terreno di ricoprimento della soletta SLV

$F_{v,ballast+ricop+mass} =$	\pm	1.78	kN/m ²
$F_{v,solettasup} =$	\pm	1.05	kN/m ²
$F_{v,pav+ricop\ di\ sol.\ inf} =$	\pm	1.38	kN/m ²
$F_{v,solettainf} =$	\pm	1.05	kN/m ²
$F_{v,solettasup,tot} =$	\pm	2.83	kN/m ²
$F_{v,montante} =$	\pm	1.05	kN/m ²
$F_{v,solettainf,tot} =$	\pm	2.43	kN/m ²

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	34

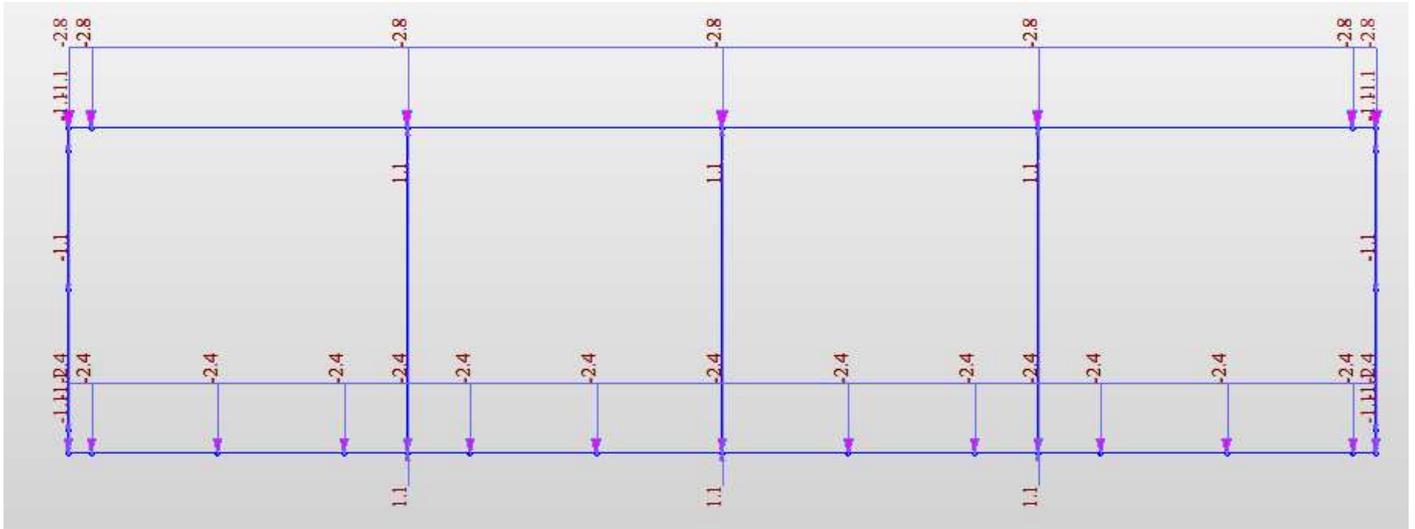


Fig. 28 – SISVER

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
NI11- Relazione di calcolo tombino				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	35

8 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni delle azioni.

Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, utilizzata nella verifica a Fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine;

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

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.3 \times E_Z$$

avendo indicato con E_Y e E_Z rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica.

I coefficienti di amplificazione dei carichi γ e i coefficienti di combinazione ψ sono riportati nelle tabelle seguenti.

In particolare nel calcolo della struttura scatolare si è fatto riferimento alla combinazione A1 STR (Approccio 1 – Combinazione 1) per le verifiche strutturali ed A1 GEO (Approccio 1 – Combinazione 2) per le verifiche geotecniche.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

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

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	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 di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

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

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 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
Vento q_s	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_s	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
NI11- Relazione di calcolo tombino				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	37

Le azioni descritte nel paragrafo precedente ed utilizzate nelle combinazioni di carico vengono di seguito riassunte:

Tipo Carico	Abbreviazione
Peso proprio	DEAD
Carichi permanenti	PERM
Spinta terreno sinistra	STS
Spinta terreno destra	STD
Azioni da traffico 1	ACC1
Azioni da traffico 2	ACC2
Sovraccarico accidentale sinistra	SAS
Sovraccarico accidentale sinistra mass. spinte	SAS-Tandem
Avviamento e frenatura	AVV
Ritiro	RIT
Variazione termica	TF
Sovrappinta sismica orizzontale	SISSX
Inerzia orizzontale	INERZIAH
Inerzia verticale	SISVER

Tabella 2 – Riepilogo condizioni di carico

Si riportano di seguito le combinazioni di carico ritenute più significative con i coefficienti di combinazione $\gamma \cdot \psi$. Essendo la struttura simmetrica, si adottano tipologie di combinazione asimmetriche in modo da massimizzare le sollecitazioni. Il dimensionamento delle armature e le verifiche strutturali verranno poi eseguite tenendo conto della simmetria e verificando le condizioni peggiori per ogni lato della struttura.

Si considerano, attraverso le combinazioni con carichi favorevoli/sfavorevoli, le spinte sbilanciate sui piedritti.

No	Name	Active	Type	DEAD(ST)	PERM(ST)	STS(ST)	STD(ST)	ACC1(ST)	ACC2(ST)	SAS(ST)	SAS-Tandem(ST)	AVV(ST)	RIT(ST)	D T(ST)	SISSX(ST)	INERZIEH(ST)	SISVER(ST)	ACC1-A(ST)
1	SLU-1	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000	1.3500		1.3500			0.7200	0.9000				
2	SLU-2	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000	1.3500		1.3500				-0.9000				
3	SLU-3	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000		1.0125	1.0125		1.3500	0.7200	0.9000				
4	SLU-4	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000		1.0125	1.0125		1.3500		-0.9000				
5	SLU-5	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000	1.0125		1.0125		1.3500	0.7200	0.9000				
6	SLU-6	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000	1.0125		1.0125		1.3500		-0.9000				
7	SLU-7	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000	1.0125		1.0125			0.7200	0.9000				
8	SLU-8	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000	1.0125		1.0125				-0.9000				
9	SLU-9	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000		1.1600	1.0125			0.7200	0.9000				
10	SLU-10	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000		1.1600	1.0125				-0.9000				
11	SLU-11	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000		1.3500	1.3500			0.7200	0.9000				
12	SLU-12	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000			1.3500	1.3500			-0.9000				
13	SLU-13	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000					1.3500	0.7200	0.9000				
14	SLU-14	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000				1.3500			-0.9000				
15	SLU-15	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000	1.0125		1.0125			1.2000	0.9000				
16	SLU-16	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000	1.0125		1.0125				-0.9000				
17	SLU-17	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000		1.0125	1.0125			1.2000	0.9000				
18	SLU-18	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000		1.0125	1.0125				-0.9000				
19	SLU-19	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000	1.0125		1.0125			0.7200	1.5000				
20	SLU-20	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000	1.0125		1.0125				-1.5000				
21	SLU-21	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000		1.0125	1.0125			0.7200	1.5000				
22	SLU-22	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000		1.0125	1.0125				-1.5000				
23	SLU-23	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000			1.3500			0.7200	0.9000				1.3500
24	SLU-24	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000			1.3500				-0.9000				1.3500
25	SLU-25	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000			1.0125		1.3500	0.7200	0.9000				1.0125
26	SLU-26	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000			1.0125		1.3500		-0.9000				1.0125
27	SLU-27	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000			1.0125			0.7200	0.9000				1.0125
28	SLU-28	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000			1.0125				-0.9000				1.0125
29	SLU-29	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000			1.0125			1.2000	0.9000				1.0125
30	SLU-30	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000			1.0125				-0.9000				1.0125
31	SLU-31	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000	1.0125		1.0125			0.7200	1.5000				
32	SLU-32	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000			1.0125				-1.5000				1.0125

Tabella 3 - Combinazioni di carico – SLU

LINEA PESCARA – BARI

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

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	38

No	Name	Active	Type	DEAD(ST)	PERM(ST)	STS(ST)	STD(ST)	ACC1(ST)	ACC2(ST)	SAS(ST)	SAS-Tandem(ST)	AVV(ST)	RIT(ST)	D T(ST)	SISSX(ST)	INERZIEH(ST)	SISVER(ST)	ACC1-A(ST)
33	RARA-1	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		1.0000			0.6000					0.6000
34	RARA-2	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		1.0000				-0.6000				
35	RARA-3	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		0.7500	0.7500		1.0000	0.6000	0.6000				
36	RARA-4	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		0.7500	0.7500				-0.6000				
37	RARA-5	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7500		0.7500		1.0000	0.6000	0.6000				
38	RARA-6	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7500		0.7500		1.0000		-0.6000				
39	RARA-7	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7500		0.7500			0.6000	0.6000				
40	RARA-8	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7500		0.7500				-0.6000				
41	RARA-9	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		0.7500	0.7500			0.6000	0.6000				
42	RARA-10	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		0.7500	0.7500				-0.6000				
43	RARA-11	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		1.0000	1.0000			0.6000	0.6000				
44	RARA-12	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		1.0000	1.0000				-0.6000				
45	RARA-13	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000				1.0000		0.6000	0.6000				
46	RARA-14	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000				1.0000			-0.6000				
47	RARA-15	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7500		0.7500			1.0000	0.6000				
48	RARA-16	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7500		0.7500				-0.6000				
49	RARA-17	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		0.7500	0.7500			1.0000	0.6000				
50	RARA-18	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		0.7500	0.7500				-0.6000				
51	RARA-19	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7500		0.7500			0.6000	1.0000				
52	RARA-20	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7500		0.7500				-1.0000				
53	RARA-21	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		0.7500	0.7500			0.6000	1.0000				
54	RARA-22	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		0.7500	0.7500				-1.0000				
55	RARA-23	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000			1.0000			0.6000	0.6000				1.0000
56	RARA-24	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000			1.0000				-0.6000				1.0000
57	RARA-25	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000			0.7500		1.0000	0.6000	0.6000				0.7500
58	RARA-26	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000			0.7500		1.0000		-0.6000				0.7500
59	RARA-27	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000			0.7500			0.6000	0.6000				0.7500
60	RARA-28	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000			0.7500				-0.6000				0.7500
61	RARA-29	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000			0.7500			1.0000	0.6000				0.7500
62	RARA-30	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000			0.7500				-0.6000				0.7500
63	RARA-31	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000			0.7500			0.6000	1.0000				0.7500
64	RARA-32	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000			0.7500				-1.0000				0.7500

Tabella 4 - Combinazioni di carico – RARA

No	Name	Active	Type	DEAD(ST)	PERM(ST)	STS(ST)	STD(ST)	ACC1(ST)	ACC2(ST)	SAS(ST)	SAS-Tandem(ST)	AVV(ST)	RIT(ST)	D T(ST)	SISSX(ST)	INERZIEH(ST)	SISVER(ST)	ACC1-A(ST)
85	SLV-1	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000								1.0000	1.0000	0.3000	
86	SLV-2	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000								0.3000	0.3000	1.0000	
87	SLV-3	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000									-1.0000	0.3000	
88	SLV-4	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000									-0.3000	1.0000	
89	SLV-5	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000								1.0000	1.0000	-0.3000	
90	SLV-6	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000								0.3000	0.3000	-1.0000	
91	SLV-7	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000								1.0000	1.0000	0.3000	
92	SLV-8	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000								0.3000	0.3000	1.0000	
93	SLV-9	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000									-1.0000	0.3000	
94	SLV-10	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000									-0.3000	1.0000	
95	SLV-11	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000								1.0000	1.0000	-0.3000	
96	SLV-12	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000								0.3000	0.3000	-1.0000	

Tabella 5 - Combinazioni di carico – SLV

No	Name	Active	Type	DEAD(ST)	PERM(ST)	STS(ST)	STD(ST)	ACC1(ST)	ACC2(ST)	SAS(ST)	SAS-Tandem(ST)	AVV(ST)	RIT(ST)	D T(ST)	SISSX(ST)	INERZIEH(ST)	SISVER(ST)	ACC1-A(ST)
65	FREQ1	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7500		0.7500			0.6000	0.5000				
66	FREQ2	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7500						-0.5000				
67	FREQ3	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		0.7500	0.7500		0.7500	0.6000	0.5000				
68	FREQ4	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		0.7500	0.7500			0.7500	-0.5000				
69	FREQ5	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7500		0.7500		0.7500	0.6000	0.5000				
70	FREQ6	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7500		0.7500		0.7500		-0.5000				
71	FREQ7	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000						0.6000	0.5000				
72	FREQ8	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000							-0.5000				
73	FREQ9	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		0.7500	0.7500			0.6000	0.5000				
74	FREQ10	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		0.7500	0.7500				-0.5000				
75	FREQ11	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000				0.7500		0.6000	0.5000				
76	FREQ12	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000				0.7500			-0.5000				
77	FREQ13	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000			1.3500			0.7200	0.9000				1.3500
78	FREQ14	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000			1.3500			0.7200	0.9000				1.3500
79	FREQ15	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000			1.3500			0.7200	0.9000				1.3500
80	FREQ16	Active	Add	1.3500	1.5000	1.5000	1.5000			1.3500			0.7200	0.9000				1.3500

Tabella 6 - Combinazioni di carico – Frequente

No	Name	Active	Type	DEAD(ST)	PERM(ST)	STS(ST)	STD(ST)	ACC1(ST)	ACC2(ST)	SAS(ST)	SAS-Tandem(ST)	AVV(ST)	RIT(ST)	D T(ST)	SISSX(ST)	INERZIEH(ST)	SISVER(ST)	ACC1-A(ST)
81	QP1	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000						0.6000	0.5000				
82	QP2	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000							-0.5000				
83	QP3	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000						0.6000	0.5000				
84	QP4	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000							-0.5000				

Tabella 7 - Combinazioni di carico – Quasi Permanente

LINEA PESCARA – BARI

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

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	39

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B02	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

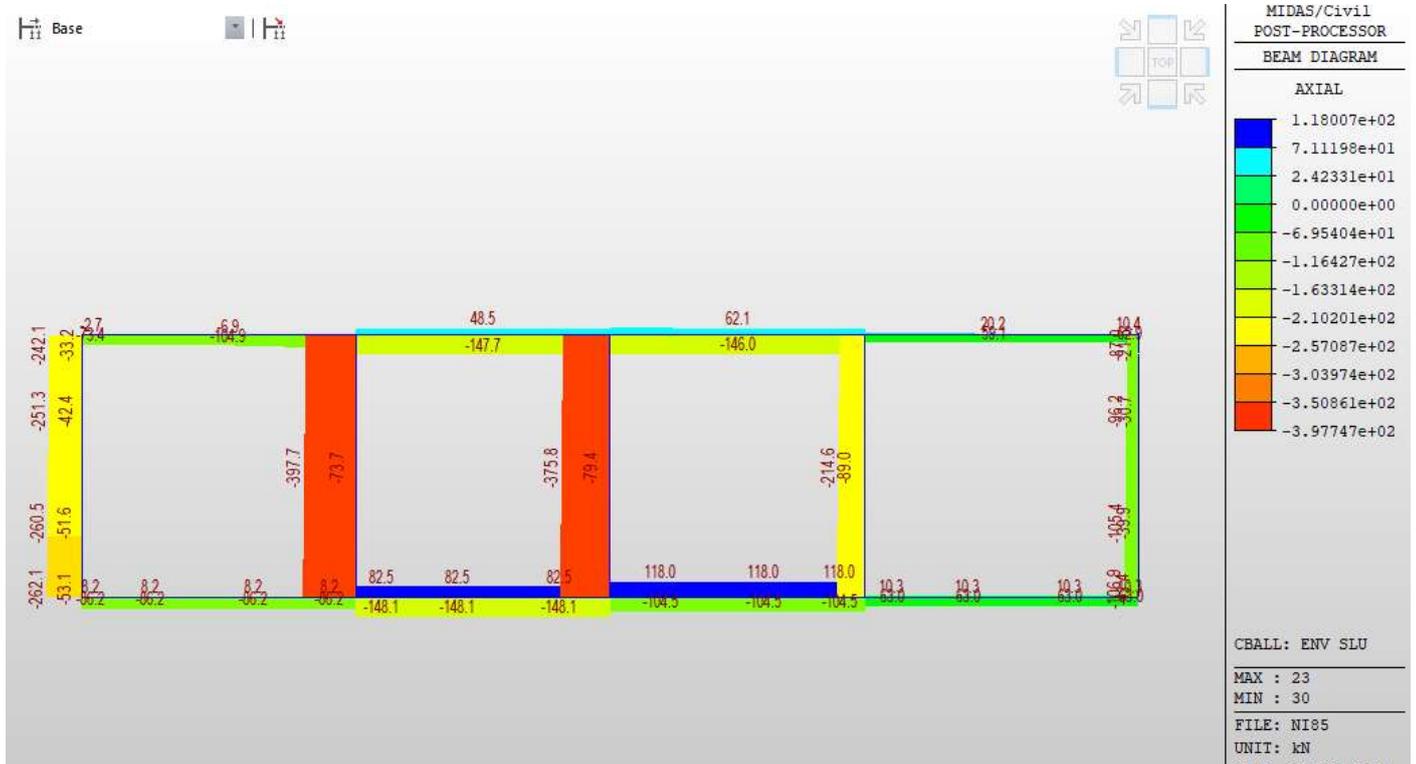


Fig. 31 – Involuppo azioni assiali SLU

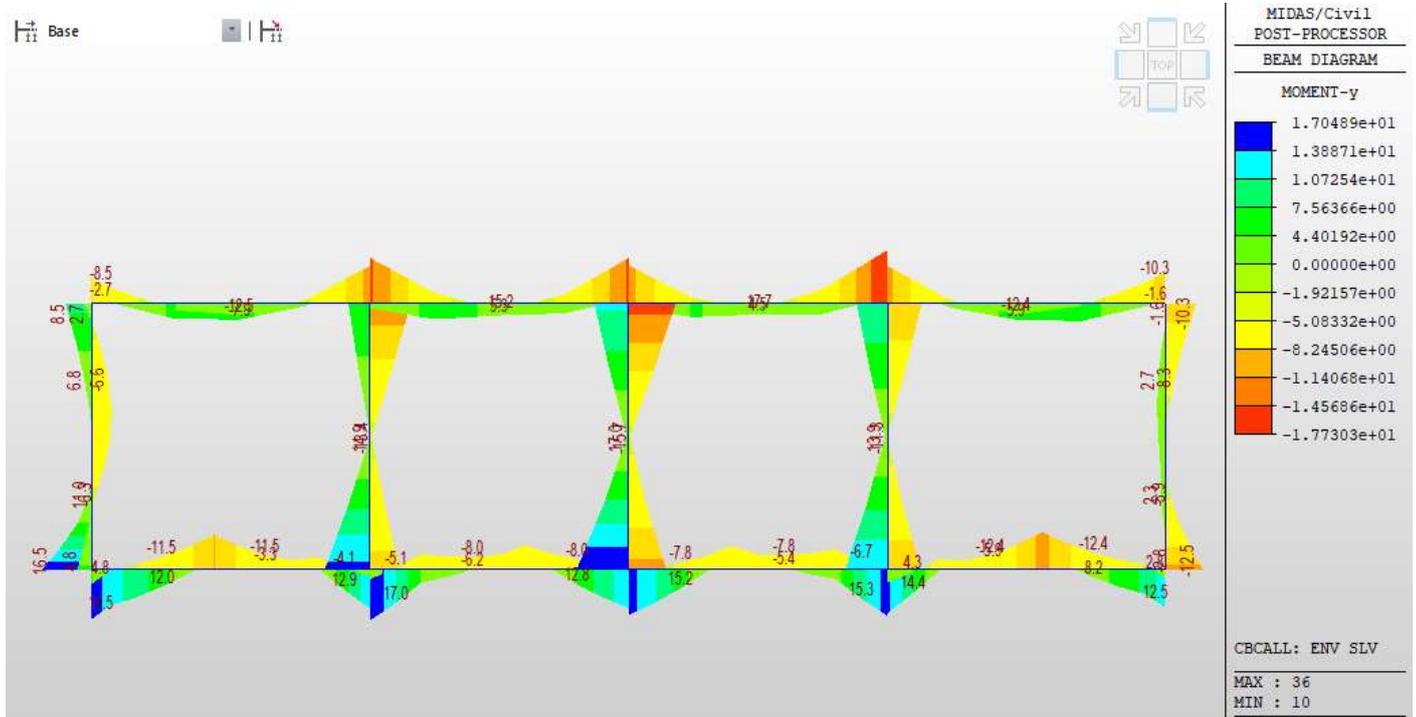


Fig. 32 – Involuppo momenti flettenti SLV

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	42

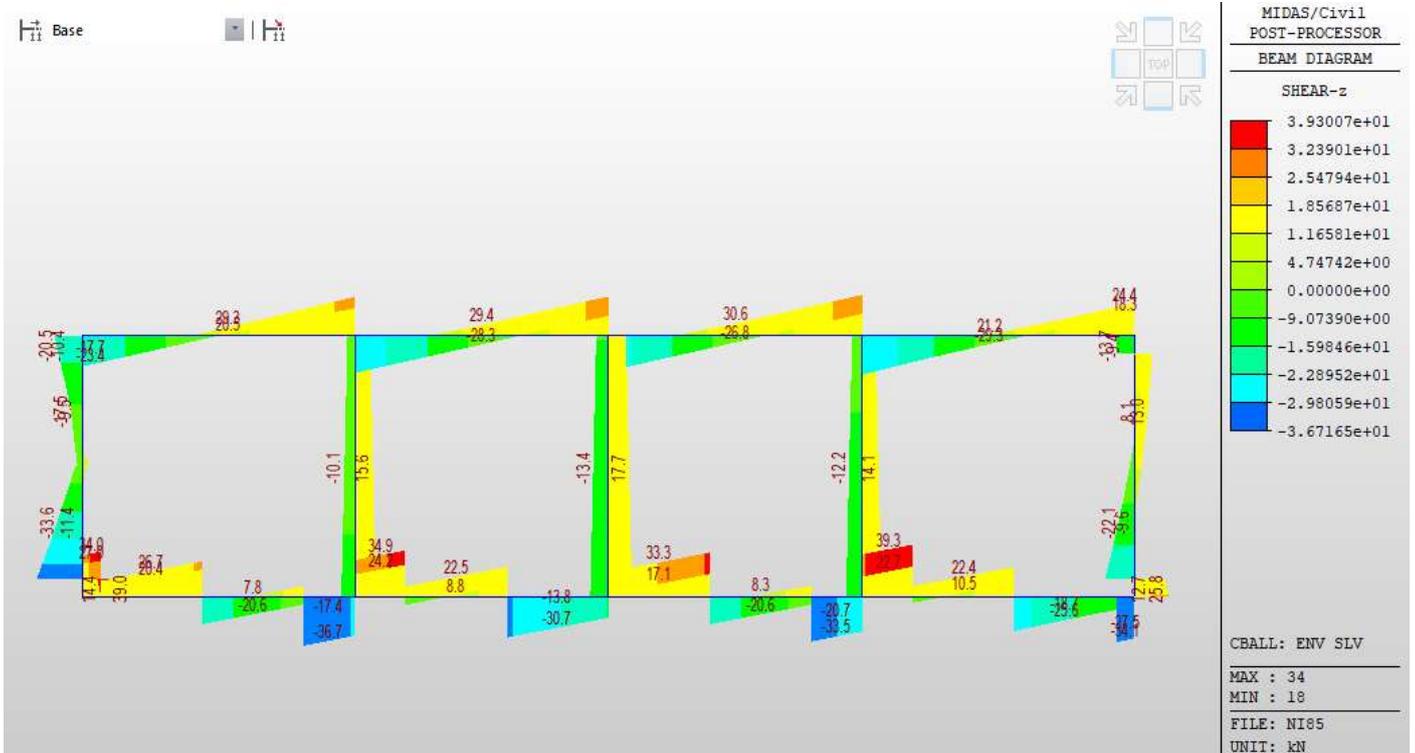


Fig. 33 – Involuppo sforzi taglianti SLV

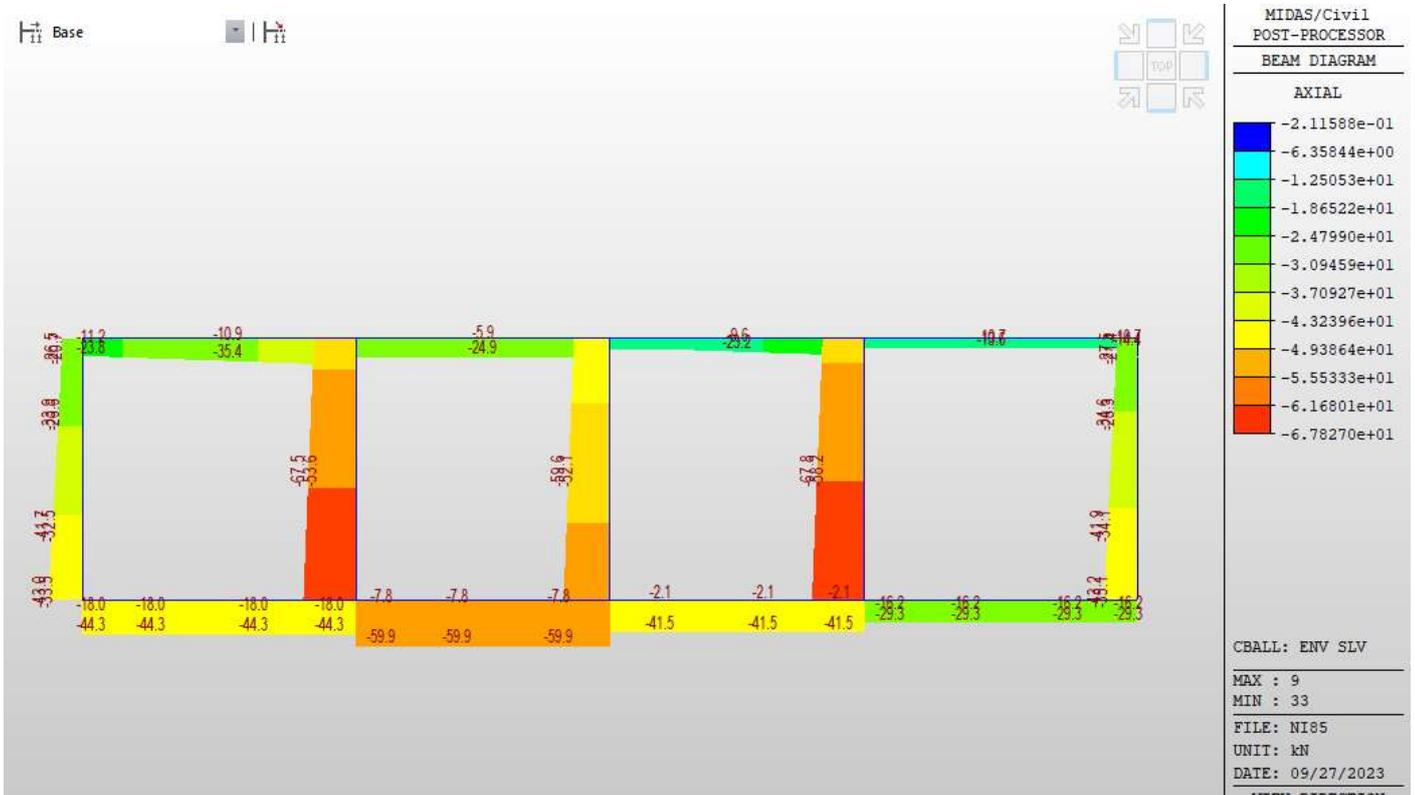


Fig. 34 – Involuppo azioni assiali SLV

NI11- Relazione di calcolo
tombino

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	43

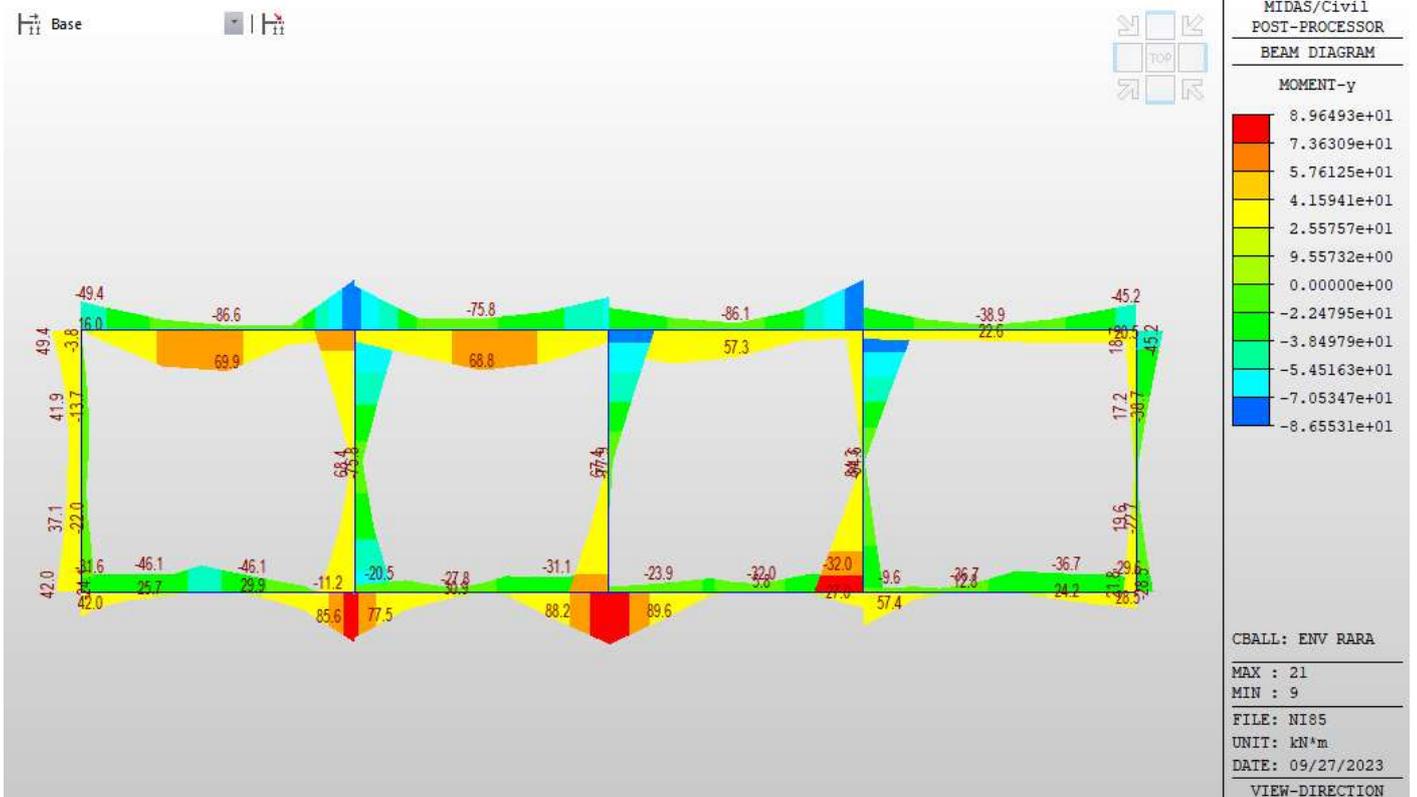


Fig. 35 – Involuppo momenti flettenti RARA

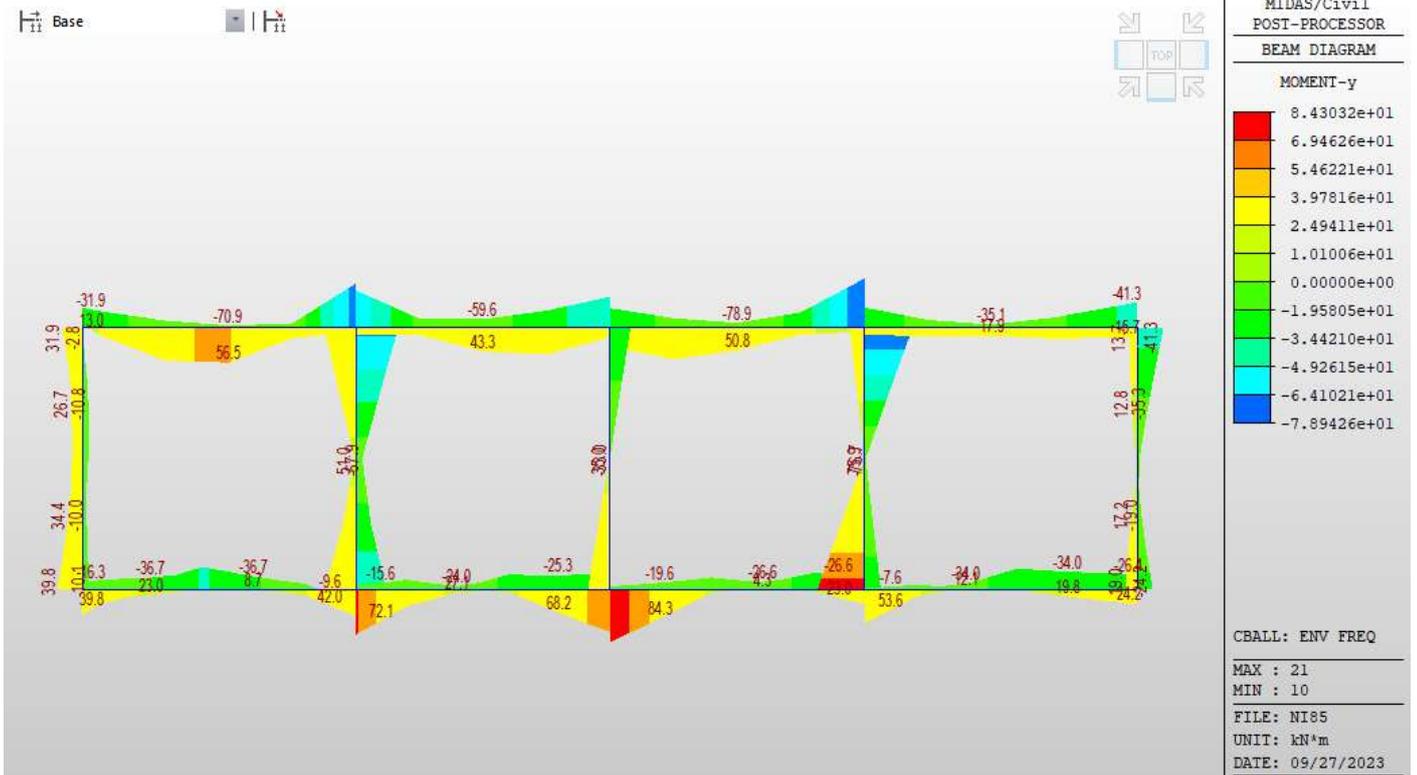


Fig. 36 – Involuppo momenti flettenti FREQ

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

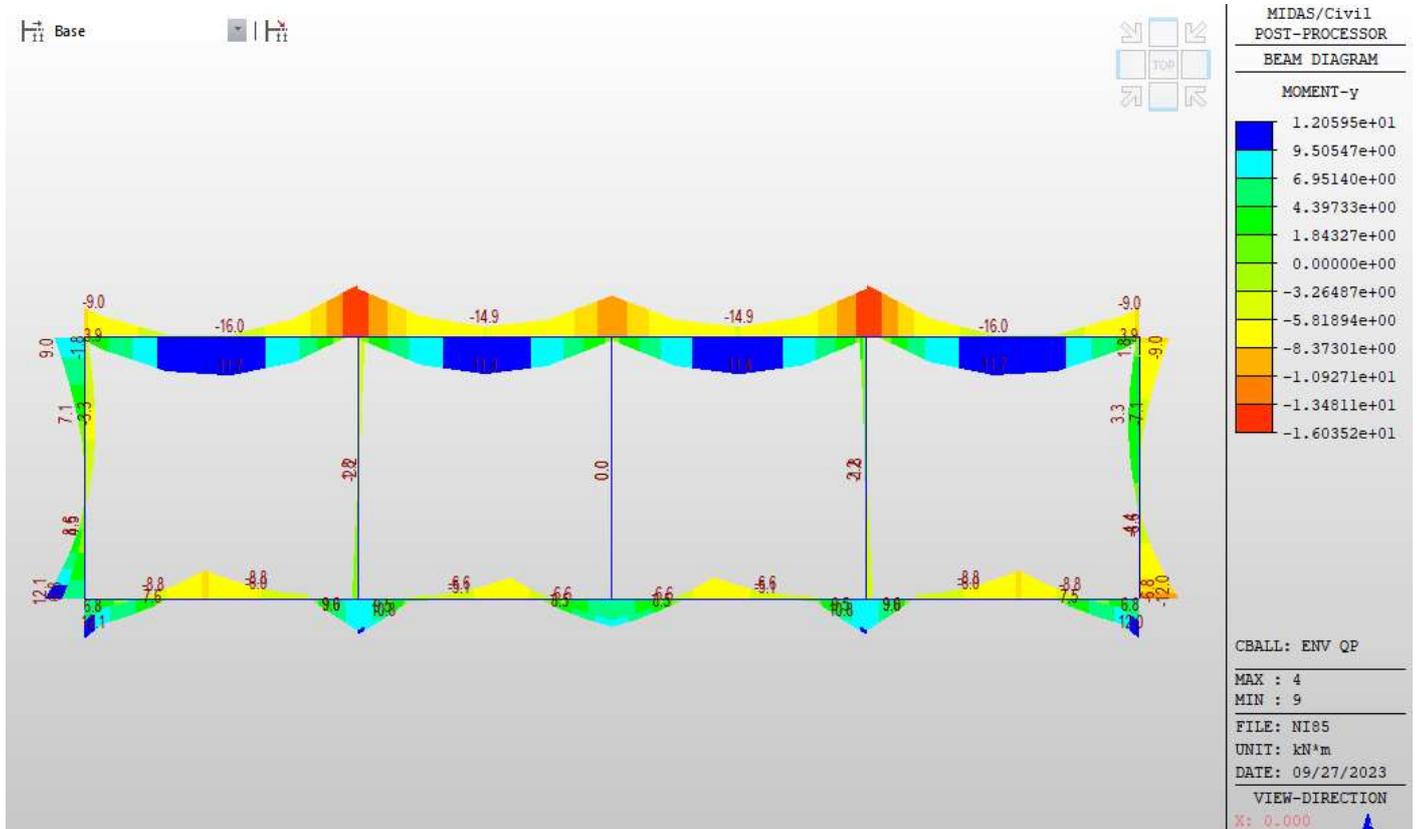


Fig. 37 – Involuppo momenti flettenti QP

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001	REV C

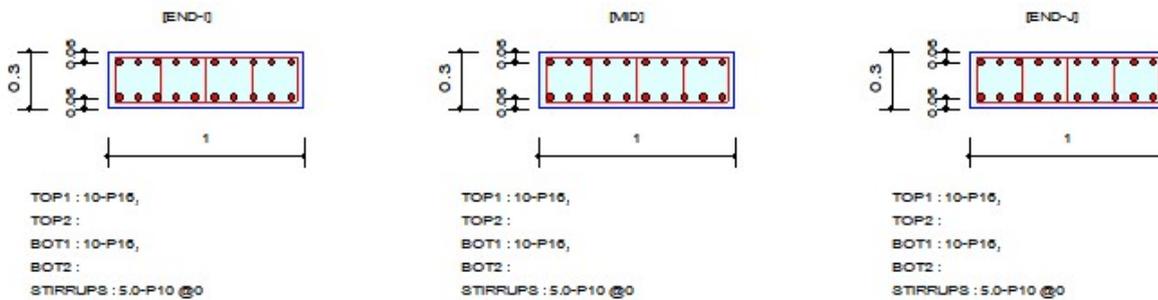
10 VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

10.1 SOLETTA SUPERIORE

Design Information

Design Code : Eurocode2-2:05
Unit System : kN, m
Material Data : $f_{ck} = 32000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
Beam Span : 2.04 m
Section Property : Sol-sup (No : 1)

Section Diagram



Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
Negative Moment (M_{Ed})	104.24	48.23	118.64
(-) Load Combination No.	2	26	12
Factored Strength (M_{Rd})	171.23	171.23	171.23
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.6088	0.2817	0.6929
Positive Moment (M_{Ed})	84.75	95.47	76.55
(+) Load Combination No.	11	11	1
Factored Strength (M_{Rd})	171.23	171.23	171.23
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.4950	0.5576	0.4471
Using Rebar Top (A_{s_top})	0.0020	0.0020	0.0020
Using Rebar Bot (A_{s_bot})	0.0020	0.0020	0.0020

Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	24	12	12
Factored Shear Force (V_{Ed})	262.55	188.31	305.02
Shear Strength by Conc. (V_{Rdc})	164.86	164.86	164.86
Shear Strength by Rebar. (V_{Rds})	413.17	413.17	413.17
Using Shear Reinf. (A_{sw})	0.0000	0.0000	0.0000
Using Stirrups Spacing	5.0-P10 @0	5.0-P10 @0	5.0-P10 @0
Check Ratio	0.6355	0.4558	0.7382

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

Stress Check

	END-I		MID		END-J	
	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar
(-) Load Combination No.	52	52	58	58	37	37
Stress(s)	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.03
Allowable Stress(sa)	0.00	0.36	0.00	0.36	0.00	0.36
Stress Ratio(s/sa)	0.9635	0.0780	0.5087	0.0412	0.9920	0.0803
(+) Load Combination No.	43	43	53	53	77	77
Stress(s)	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03
Allowable Stress(sa)	0.00	0.36	0.00	0.36	0.00	0.36
Stress Ratio(s/sa)	0.9071	0.0734	0.8717	0.0706	0.9087	0.0736

Crack Control

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	34	58	44
Crack Width(w)	0.147	0.012	0.174
Allowable Crack Width(wa)	0.200	0.200	0.200
Check Ratio(w/wa)	0.7352	0.0593	0.8682
(+) Load Combination No.	43	43	33
Crack Width(w)	0.021	0.134	0.019
Allowable Crack Width(wa)	0.200	0.200	0.200
Check Ratio(w/wa)	0.1058	0.6707	0.0951

Deflection Control

L/8 = 8.200000 > 0.3956 (LCB:43, POS: 911.1mm from END-I)..... O.K

Condizione soddisfatta

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

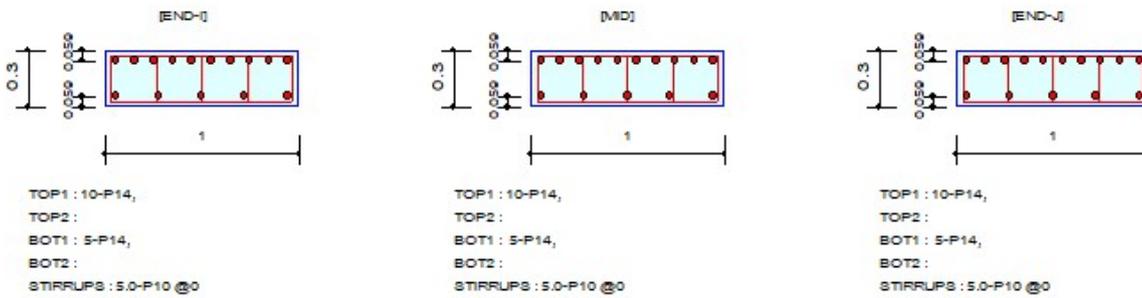
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	47

10.2 PIEDRITTO DESTRO

Design Information

Design Code : Eurocode2-2:05
 Unit System : kN, m
 Material Data : $f_{ck} = 32000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
 Beam Span : 0.91 m
 Section Property : Piedr dx (No : 7)

Section Diagram



Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
Negative Moment (M_{Ed})	30.78	40.05	53.47
(-) Load Combination No.	11	6	6
Factored Strength (M_{Rd})	134.99	134.99	134.99
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.2280	0.2967	0.3961
Positive Moment (M_{Ed})	26.34	20.80	22.87
(+) Load Combination No.	6	6	11
Factored Strength (M_{Rd})	69.98	69.98	69.98
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.3763	0.2973	0.3267
Using Rebar Top (A_{s_top})	0.0015	0.0015	0.0015
Using Rebar Bot (A_{s_bot})	0.0008	0.0008	0.0008

Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	11	6	6
Factored Shear Force (V_{Ed})	52.62	57.54	60.29
Shear Strength by Conc. (V_{Rdc})	151.13	151.13	151.13
Shear Strength by Rebar. (V_{Rds})	207.44	207.44	207.44
Using Shear Reinf. (A_{sw})	0.0000	0.0000	0.0000
Using Stirrups Spacing	5.0-P10 @0	5.0-P10 @0	5.0-P10 @0
Check Ratio	0.3482	0.3808	0.3989

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

Stress Check

	END-I		MID		END-J	
	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar
(-) Load Combination No.	43	43	38	38	38	38
Stress(s)	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02
Allowable Stress(sa)	0.00	0.36	0.00	0.36	0.00	0.36
Stress Ratio(s/sa)	0.3451	0.0279	0.4432	0.0359	0.5889	0.0477
(+) Load Combination No.	38	38	38	38	43	43
Stress(s)	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
Allowable Stress(sa)	0.00	0.36	0.00	0.36	0.00	0.36
Stress Ratio(s/sa)	0.3076	0.0254	0.2397	0.0198	0.2700	0.0223

Crack Control

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	43	38	38
Crack Width(w)	0.009	0.011	0.015
Allowable Crack Width(wa)	0.200	0.200	0.200
Check Ratio(w/wa)	0.0427	0.0549	0.0729
(+) Load Combination No.	38	38	43
Crack Width(w)	0.011	0.009	0.010
Allowable Crack Width(wa)	0.200	0.200	0.200
Check Ratio(w/wa)	0.0567	0.0442	0.0498

Deflection Control

$L/3 = 3.640000 > 0.0000$ (LCB:37, POS: 0.0mm from END-I)..... O.K

Condizione soddisfatta

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

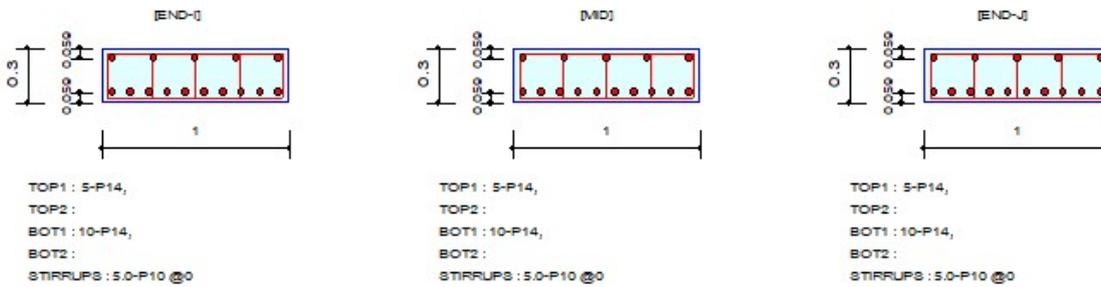
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	49

10.3 PIEDRITTO SINISTRO

Design Information

Design Code : Eurocode2-2:05
 Unit System : kN, m
 Material Data : $f_{ck} = 32000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
 Beam Span : 0.91 m
 Section Property : Piedr sx (No : 6)

Section Diagram



Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
Negative Moment (M_{Ed})	19.00	24.06	29.60
(-) Load Combination No.	13	24	24
Factored Strength (M_{Rd})	69.98	69.98	69.98
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.2715	0.3438	0.4230
Positive Moment (M_{Ed})	30.39	42.48	57.78
(+) Load Combination No.	12	24	24
Factored Strength (M_{Rd})	134.99	134.99	134.99
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.2252	0.3147	0.4281
Using Rebar Top (A_{s_top})	0.0008	0.0008	0.0008
Using Rebar Bot (A_{s_bot})	0.0015	0.0015	0.0015

Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	24	24	24
Factored Shear Force (V_{Ed})	55.50	65.24	69.17
Shear Strength by Conc. (V_{Rdc})	151.13	151.13	151.13
Shear Strength by Rebar. (V_{Rds})	207.44	207.44	207.44
Using Shear Reinf. (A_{sw})	0.0000	0.0000	0.0000
Using Stirrups Spacing	5.0-P10 @0	5.0-P10 @0	5.0-P10 @0
Check Ratio	0.3673	0.4317	0.4577

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	50

Stress Check

	END-I		MID		END-J	
	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar
(-) Load Combination No.	45	45	77	77	77	77
Stress(s)	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
Allowable Stress(sa)	0.00	0.36	0.00	0.36	0.00	0.36
Stress Ratio(s/sa)	0.2150	0.0178	0.3204	0.0265	0.3660	0.0303
(+) Load Combination No.	44	44	56	56	77	77
Stress(s)	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02
Allowable Stress(sa)	0.00	0.36	0.00	0.36	0.00	0.36
Stress Ratio(s/sa)	0.3470	0.0281	0.4706	0.0381	0.6542	0.0530

Crack Control

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	45	56	56
Crack Width(w)	0.008	0.010	0.013
Allowable Crack Width(wa)	0.200	0.200	0.200
Check Ratio(w/wa)	0.0396	0.0512	0.0637
(+) Load Combination No.	44	56	56
Crack Width(w)	0.009	0.012	0.016
Allowable Crack Width(wa)	0.200	0.200	0.200
Check Ratio(w/wa)	0.0429	0.0582	0.0789

Deflection Control

$L/3 = 3.640000 > 0.0000$ (LCB:37, POS: 0.0mm from END-I)..... O.K

Condizione soddisfatta

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

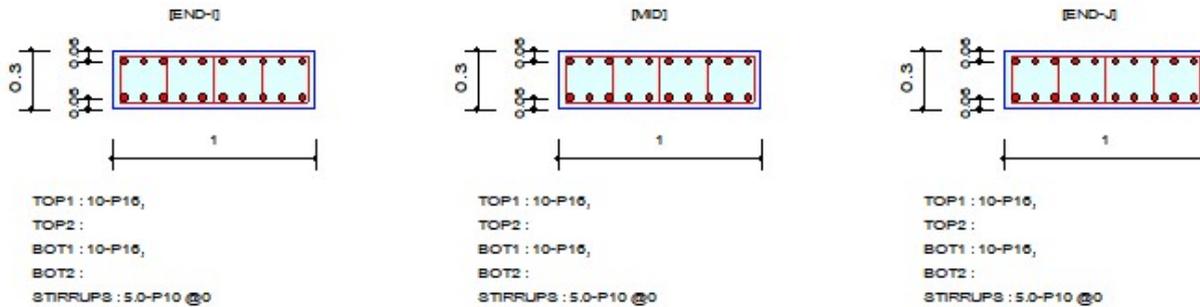
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	51

10.4 PIEDRITTI INTERNI

Design Information

Design Code : Eurocode2-2:05
 Unit System : kN, m
 Material Data : $f_{ck} = 32000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
 Beam Span : 2.12 m
 Section Property : Piedr int (No : 5)

Section Diagram



Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
Negative Moment (M_{Ed})	88.45	57.29	114.37
(-) Load Combination No.	2	6	6
Factored Strength (M_{Rd})	171.23	171.23	171.23
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.5166	0.3346	0.6680
Positive Moment (M_{Ed})	113.95	56.87	92.49
(+) Load Combination No.	6	6	2
Factored Strength (M_{Rd})	171.23	171.23	171.23
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.6655	0.3321	0.5402
Using Rebar Top (A_{s_top})	0.0020	0.0020	0.0020
Using Rebar Bot (A_{s_bot})	0.0020	0.0020	0.0020

Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	6	6	6
Factored Shear Force (V_{Ed})	107.70	107.70	107.70
Shear Strength by Conc. (V_{Rdc})	164.86	164.86	164.86
Shear Strength by Rebar. (V_{Rds})	206.58	206.58	206.58
Using Shear Reinf. (A_{sw})	0.0000	0.0000	0.0000
Using Stirrups Spacing	5.0-P10 @0	5.0-P10 @0	5.0-P10 @0
Check Ratio	0.6533	0.6533	0.6533

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

Stress Check

	END-I		MID		END-J	
	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar
(-) Load Combination No.	34	34	38	38	67	67
Stress(s)	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.03
Allowable Stress(sa)	0.00	0.36	0.00	0.36	0.00	0.36
Stress Ratio(s/sa)	0.9521	0.0771	0.6178	0.0500	0.9896	0.0801
(+) Load Combination No.	34	34	77	77	34	34
Stress(s)	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.03
Allowable Stress(sa)	0.00	0.36	0.00	0.36	0.00	0.36
Stress Ratio(s/sa)	0.9902	0.0802	0.6372	0.0516	0.9968	0.0807

Crack Control

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	34	38	37
Crack Width(w)	0.022	0.014	0.167
Allowable Crack Width(wa)	0.300	0.300	0.300
Check Ratio(w/wa)	0.0741	0.0481	0.5561
(+) Load Combination No.	38	38	34
Crack Width(w)	0.162	0.014	0.023
Allowable Crack Width(wa)	0.300	0.300	0.300
Check Ratio(w/wa)	0.5393	0.0476	0.0775

Deflection Control

$L/8 = 8.480000 > 0.0000$ (LCB:37, POS:1295.6mm from END-I)..... O.K

Condizione soddisfatta

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

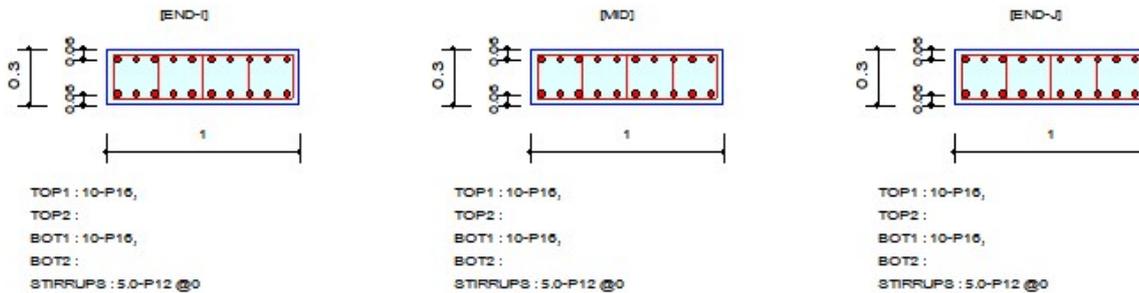
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	53

10.5 SOLETTA INFERIORE

Design Information

Design Code : Eurocode2-2:05
 Unit System : kN, m
 Material Data : $f_{ck} = 32000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
 Beam Span : 0.4064 m
 Section Property : Sol-Inf (No : 3)

Section Diagram



Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
Negative Moment (M_{Ed})	62.76	49.28	62.76
(-) Load Combination No.	12	12	12
Factored Strength (M_{Rd})	171.23	171.23	171.23
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.3665	0.2878	0.3665
Positive Moment (M_{Ed})	121.27	97.70	119.25
(+) Load Combination No.	1	24	1
Factored Strength (M_{Rd})	171.23	171.23	171.23
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.7083	0.5706	0.6965
Using Rebar Top (A_{s_top})	0.0020	0.0020	0.0020
Using Rebar Bot (A_{s_bot})	0.0020	0.0020	0.0020

Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	24	24	24
Factored Shear Force (V_{Ed})	190.01	187.43	182.27
Shear Strength by Conc. (V_{Rdc})	164.86	164.86	164.86
Shear Strength by Rebar. (V_{Rds})	295.49	295.49	295.49
Using Shear Reinf. (A_{sw})	0.0000	0.0000	0.0000
Using Stirrups Spacing	5.0-P12 @0	5.0-P12 @0	5.0-P12 @0
Check Ratio	0.6430	0.6343	0.6168

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

Stress Check

	END-I		MID		END-J	
	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar
(-) Load Combination No.	44	44	77	77	44	44
Stress(s)	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02
Allowable Stress(sa)	0.00	0.36	0.00	0.36	0.00	0.36
Stress Ratio(s/sa)	0.6714	0.0543	0.5613	0.0454	0.6714	0.0543
(+) Load Combination No.	66	66	33	33	51	51
Stress(s)	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03
Allowable Stress(sa)	0.00	0.36	0.00	0.36	0.00	0.36
Stress Ratio(s/sa)	0.9801	0.0793	0.9996	0.0809	0.9953	0.0806

Crack Control

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	44	44	44
Crack Width(w)	0.016	0.012	0.016
Allowable Crack Width(wa)	0.200	0.200	0.200
Check Ratio(w/wa)	0.0783	0.0617	0.0783
(+) Load Combination No.	33	56	33
Crack Width(w)	0.183	0.139	0.181
Allowable Crack Width(wa)	0.200	0.200	0.200
Check Ratio(w/wa)	0.9171	0.6936	0.9052

Deflection Control

$L/3 = 3.273200 > 0.0561$ (LCB:33, POS: 363.7mm from END-I)..... O.K

Condizione soddisfatta

11 RIEPILOGO ARMATURE – SCATOLARE

Elemento strutturale	Sezione	Armatura Principale	Armatura Taglio
Soletta superiore	nodo	10d16	d10/20x20
	campata	10d16	
Piedritti	esterno	10d14	d10/20x40
	interno	5d14	
Piedritto interno	sinistra	10d16	d10/20x40
	destra	10d16	
Soletta Inferiore	mezzeria	10d16	d12/20x40
	nodo	10d16	

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	55

Di seguito l'indicazione delle incidenze previste per i vari elementi costituenti il tombino:

Soletta superiore: $i=145 \text{ kg/m}^3$

Piedritti: $i=100 \text{ kg/m}^3$

Piedritti interni: $i=140 \text{ kg/m}^3$

Soletta inferiore: $i=145 \text{ kg/m}^3$

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
NI11- Relazione di calcolo tombino				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	56

12 VERIFICHE GEOTECNICHE

12.1 VERIFICA DELLA CAPACITA PORTANTE

Per le verifiche geotecniche rimodelliamo la struttura senza vincoli cedevoli in funzione delle caratteristiche elastiche del terreno considerare solo una connessione incastro a metà della fondazione (Figura seguente) e dalla combinazione SLU (approccio 2: A1+M1+R3) e SLV (sisma) abbiamo i dati:

Node	Load	FX (kN)	FZ (kN)	MY (kN*m)
7	SLU-11	-12.54	1162.06	1468.05
7	RARA-9	-6.97	729.95	815.55

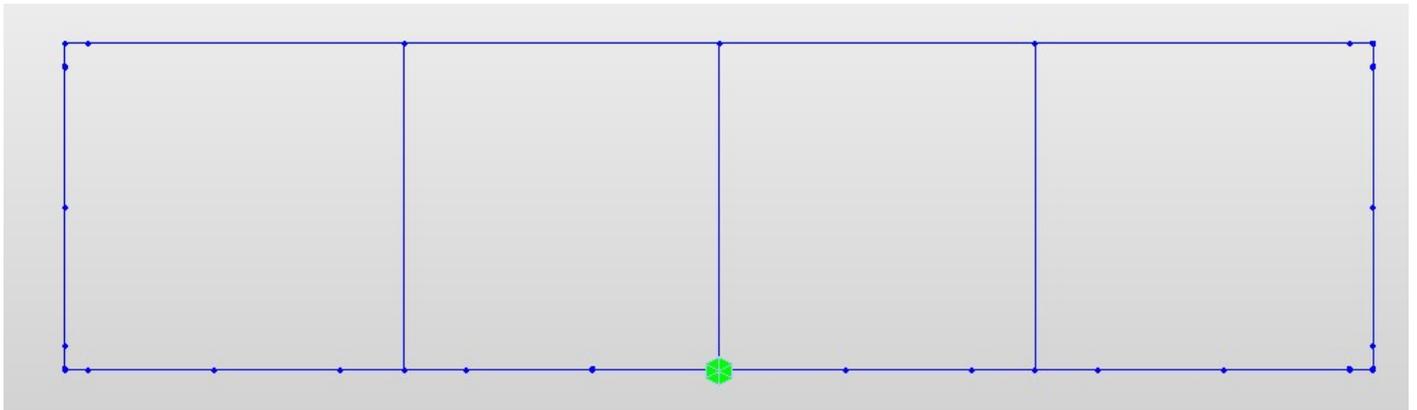


Fig. 38 – Modello di calcolo

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B (e_B = Mb/N)

e_L = Eccentricità in direzione L (e_L = MI/N) (per fondazione nastriforme e_L = 0; L* = L)

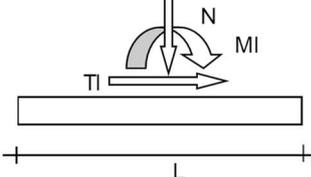
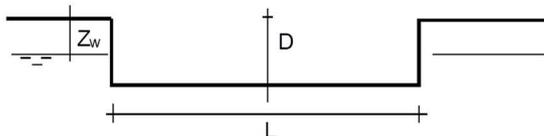
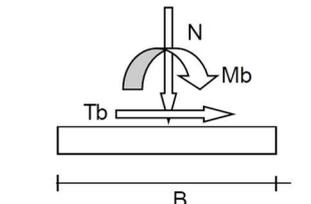
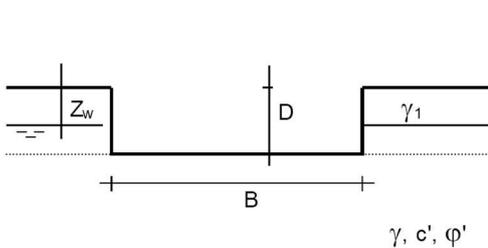
B* = Larghezza fittizia della fondazione (B* = B - 2*e_B)

L* = Lunghezza fittizia della fondazione (L* = L - 2*e_L)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

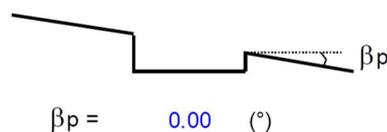
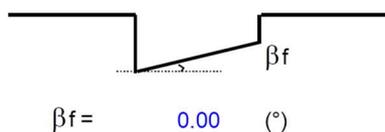
coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	tan φ'	c'	q _{lim}	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista	⊙	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

- B = 8.78 (m)
- L = 1.00 (m)
- D = 1.50 (m)



MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		NI11- Relazione di calcolo tombino	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA NI 11 00			PROGR 001

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1162.06		1162.06
Mb [kNm]	1468.05		1468.05
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	-12.54		-12.54
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	12.54	0.00	12.54

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 18.50 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 18.50 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 5.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 24.00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 5.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 24.00 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 10.00 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 1.26 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 6.25 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.00 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 27.75 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 18.18 \quad (\text{kN/mc})$$

Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 9.60$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 19.32$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 9.44$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	59

$$s_c = 1.08$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan(\varphi') / L^*$$

$$s_q = 1.07$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.94$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.86 \quad \theta = \arctg(T_b/\Pi) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.14 \quad m = 1.86 \quad (-)$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_b \sin^2\theta + m_l \cos^2\theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H/(N + B^* L^* c' \cotg(\varphi')))^m$$

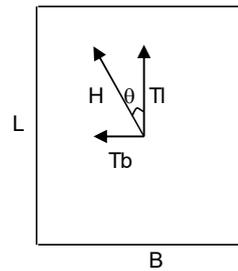
$$i_q = 0.98$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$$

$$i_c = 0.98$$

$$i_\gamma = (1 - H/(N + B^* L^* c' \cotg(\varphi')))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.97$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan(\varphi') (1 - \sin(\varphi'))^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_q = 1 + (2 \tan(\varphi') (1 - \sin(\varphi'))^2) * \arctan(D / B^*)$$

$$d_q = 1.31$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$d_c = 1.34$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan(\varphi'))^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$b_c = 1.00$$

**NI11- Relazione di calcolo
tombino**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	NI	11	00	001	C	60

$$b_{\gamma} = b_q$$

$$b_{\gamma} = 1.00$$

g_c, g_q, g_{γ} : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \quad \beta_r + \beta_p = 0.00 \quad \beta_r + \beta_p < 45^{\circ}$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_{\gamma} = g_q$$

$$g_{\gamma} = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 581.58 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 185.83 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 252.86 \geq q = 185.83 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 12.54 \quad (\text{kN})$$

Azione Resistente

$$S_d = N \tan(\phi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 548.65 \quad (\text{kN})$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 498.77 \geq H_d = 12.54 \quad (\text{kN})$$