

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**

**NI15 (ex IN89) –Tombino circolare ϕ 1500 alla viabilità NV21 al km 0+165
Relazione di calcolo tombino**

L'Appaltatore
Ing. Gianguido Babini

A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.p.A.
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 5 0 0 | 0 0 1 | B | --- |

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato/Data |
|------|-------------------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|----------------|---------------|---------------------------------|
| A | Prima emissione | Ing. M. Calderoni | Dicembre 2022 | Ing. V. Calzona | Dicembre 2022 | Ing. S. Canale | Dicembre 2022 | |
| B | Emissione a seguito RDV n.297 | Ing. A.Zaza | Luglio 2023 | Ing. M. Calderoni | Luglio 2023 | Ing. S. Canale | Luglio 2023 | Ing. M. Facchini Luglio 2023 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

File: LI0B02EZZCLN11500001B

n. Elab.

| | | | | | | | | | | | |
|---|--|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|----------|
| MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & P.L. MANDANTI  | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA | | | | | | | | | | |
| | NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV |
| LI0B | | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 1 |

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1.. PREMESSA | 2 |
| 1.. NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 3 |
| 2.. MATERIALI | 4 |
| 2.1 Calcestruzzo | 4 |
| 2.2 Acciaio B450C | 4 |
| 2.3 Verifica S.L.E. | 4 |
| 3.. INQUADRAMENTO GEOTECNICO | 7 |
| 3.1 Terreno di ricoprimento/rinterro | 7 |
| 3.2 Interazione terreno-struttura | 7 |
| 4.. CARATTERIZZAZIONE SISMICA | 9 |
| 4.1 Vita nominale e classe d'uso | 9 |
| 4.2 Parametri di pericolosità sismica | 9 |
| 5.. SOFTWARE DI CALCOLO | 12 |
| 5.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo adottati | 12 |
| 5.2 Unità di misura | 12 |
| 5.3 Grado di affidabilità del codice | 12 |
| 5.4 Valutazione della correttezza del modello | 12 |
| 5.5 Caratteristiche dell'elaborazione | 12 |
| 5.6 Giudizio finale sulla accettabilità dei calcoli | 12 |
| 5.7 Programmi di servizio | 13 |
| 6.. TOMBINO DN1500 | 14 |
| 6.1 Geometria | 14 |
| 6.2 Modello di calcolo | 15 |
| 6.3 Analisi dei carichi | 16 |
| 7.. COMBINAZIONI DI CARICO | 25 |
| 7.1 Combinazione dei carichi | 26 |
| 8.. DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI | 29 |
| 9.. VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A. | 33 |
| 9.1 Verifica soletta superiore | 34 |
| 9.2 Verifica soletta inferiore | 39 |
| 9.3 Verifica piedritti | 44 |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| 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 | | | | | | | | | |
| | | NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA NI 15 00 | | | PROGR 001 |

1. PREMESSA

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

Il tombino, necessario per garantire la continuità idraulica del nuovo tracciato stradale NV21, è costituito da un elemento tubolare prefabbricato $\phi 1500$ il quale viene inglobato in un getto di c.a. di forma quadrata di dimensione complessiva pari a circa 2.45m. Per tale motivo, in fase di calcolo, la sezione resistente viene assimilata ad una sezione scatolare che racchiude il tombino.

La sezione trasversale retta complessiva è assimilabile quindi ad una sezione scatolare di larghezza $L = 2.45$ m, con lo spessore della platea di fondazione dei piedritti e della soletta di copertura pari a $S = 0.30$ m. IL ricoprimento considerato pari al solo strato del pacchetto stradale pari a 0.13m.

Nell'immagine seguente si riporta una sezione trasversale dell'opera.

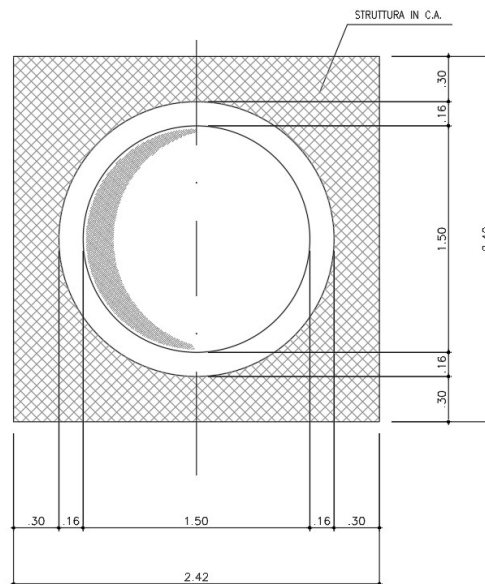


Fig. 1 – Sezione trasversale dell'opera

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 3 |

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:

- L. n. 64 del 2/2/1974“Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- L. n. 1086 del 5/11/1971“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08;
- Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- 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.
- Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- RFI DTC SI MA IFS 001 B del 2017 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 4 |

2 MATERIALI

Il calcestruzzo adottato corrisponde alla Classe C32/40, mentre l'acciaio in barre ad aderenza migliorata corrisponde alla classe B450C. Di seguito vengono elencate le specifiche.

2.1 CALCESTRUZZO

Per le strutture in elevazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XS1, XA1

C32/40: $f_{ck} \geq 32$ MPa $R_{ck} \geq 40$ MPa

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

| | | | |
|--|--|-----------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni | R_{ck} | 40 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni | $f_{ck} = 0.83 R_{ck}$ | 33,20 | N/mm ² |
| Valore medio della resistenza cilindrica | $f_{cm} = f_{ck} + 8$ | 41,20 | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo breve durata | $f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$ | 22,13 | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo lunga durata | $f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$ | 18,81 | N/mm ² |
| Resistenza media a trazione assiale | $f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60] | 3,10 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica a trazione | $f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$ | 2,17 | N/mm ² |
| Resistenza media a trazione per flessione | $f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$ | 3,72 | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo a trazione | $f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$ | 1,45 | N/mm ² |
| Modulo di Young | $E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$ | 33643 | N/mm ² |

2.2 ACCIAIO B450C

Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 450$ MPa;

Tensione di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m$

in cui $\gamma_m = 1.15$ $f_{yd} = 450 / 1.15 = 391.3$ MPa;

Modulo Elastico $E_s = 210'000$ MPa.

2.3 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

2.3.1 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

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 5 |

in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento “RFI DTC SI MA IFS 001 B del 2017 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili”, 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 $0,75 f_{yk}$.

Per il caso in esame risulta in particolare :

CALCESTRUZZO

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

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

ACCIAIO

$$\sigma_{s\ max} = (0,75 f_{yk}) = \mathbf{338} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)}$$

2.3.2 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:

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 | $\leq w_2$ |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 6 |

| | | | | | | |
|---|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------|
| 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 (XA1) 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 DM 14.1.2008, 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 | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 7 |

3 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

3.1 TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO

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

| | |
|------------------------------|--------------------------------|
| $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale |
| $\varphi' = 35^\circ$ | angolo di resistenza al taglio |
| $c' = 0 \text{ kPa}$ | coesione drenata |

3.2 INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

Per i parametri geologico-geotecnici si fa riferimento a:

Unità ba3 – Argille limose (Alluvioni attuali e recenti)

| | |
|---------------------------------------|--|
| $g = 18\div 19 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale |
| $c' = 5\div 20 \text{ kPa}$ | coesione drenata |
| $F' = 20\div 25^\circ$ | angolo di resistenza al taglio |
| $c_u = 40\div 175 \text{ kPa}$ | resistenza al taglio in condizioni non drenate |
| $N_{spt} = 2\div 30$ | numero di colpi da prova SPT |
| $V_s = 70\div 250 \text{ m/s}$ | velocità delle onde di taglio |
| $G_o = 10\div 120 \text{ MPa}$ | modulo di deformazione a taglio iniziale |
| $E_o = 25\div 320 \text{ MPa}$ | modulo di deformazione elastico iniziale |
| $k = 10^{-8}\div 10^{-6} \text{ m/s}$ | permeabilità |

Di seguito sono trattati gli aspetti di natura geotecnica riguardanti l'interazione terreno-struttura relativamente all'opera in esame.

Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo (formula di Vesic)

$$k = \frac{0.65 E}{1 - \nu^2} * \sqrt[12]{\frac{E b^4}{(E_c J)_{fond}}}$$

dove:

- h = altezza della trave;
- b = dimensione trasversale della trave;
- J = inerzia della trave;
- E_c = modulo di elasticità del calcestruzzo
- ν = coefficiente di Poisson del terreno;
- E = modulo elastico medio del terreno sottostante.

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------------------|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| 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 | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 8 |

$$\begin{aligned}
 E &= 100000 \text{ kN/m}^2 \\
 n &= 0.3 \\
 B &= 8.8 \text{ m} \\
 L &= 20.0 \text{ m} \\
 L/B &= 2.28 \\
 c_t &= 1.29 \\
 K_w &= 9683 \text{ kN/m}^3
 \end{aligned}$$

Cautelativamente si limita, ai fini del calcolo, il valore della costante di sottofondo a circa 9000 kN/m³.

| | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|---|----------|---|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 9 |

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.

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 (V_N), 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 (C_U)

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $V_N = 75$ anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità $V < 250$ Km/h"). 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): $C_U = 1.5$.

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

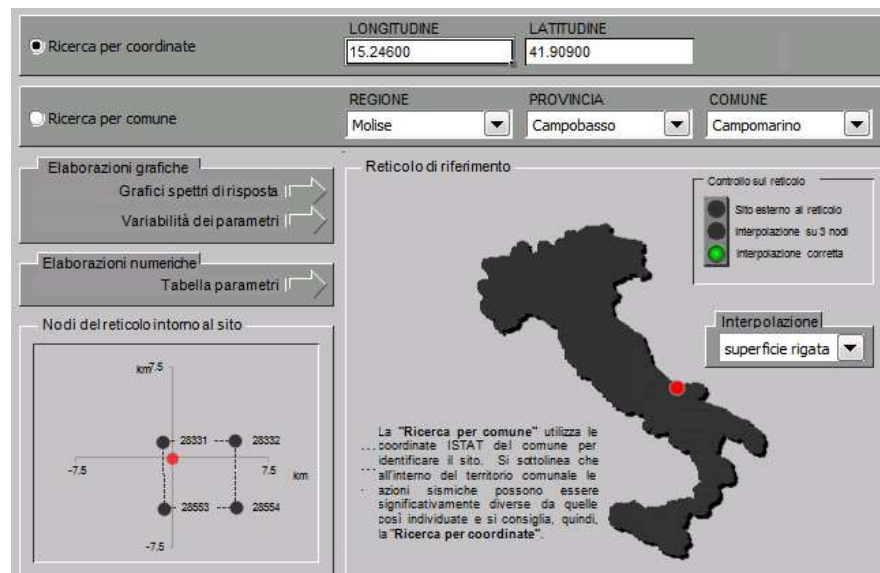
4.2 PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

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 nelle Norme Tecniche per le costruzioni, si ottiene per il sito in esame:

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottiene per il sito in esame:



The screenshot shows a software interface for seismic hazard analysis. It includes search options for coordinates and comune, a map of Italy with a red dot indicating the site location, and a grid of nodes around the site. The interface includes fields for longitude (15.24600) and latitude (41.90900), and dropdown menus for region (Molise), province (Campobasso), and comune (Campomarino). A legend indicates site location and interpolation methods.

**NI15 - Relazione di calcolo
tombino**

| | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 10 |

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_n info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_u info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO - $P_{VR} = 81\%$
- SLD - $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU

- SLV - $P_{VR} = 10\%$
- SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

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 | 0.074 | 2.499 | 0.307 |
| SLD | 113 | 0.094 | 2.523 | 0.319 |
| SLV | 1068 | 0.242 | 2.452 | 0.346 |
| SLC | 2193 | 0.315 | 2.440 | 0.354 |

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).

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

**NI15 - Relazione di calcolo
tombino**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 11 |

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_n | 0.242 g |
| F_n | 2.452 |
| T_n^* | 0.346 s |
| S_S | 1.345 |
| C_n | 1.491 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|-------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.325 |
| T_B | 0.172 | 0.797 |
| T_C | 0.515 | 0.797 |
| | 0.613 | 0.670 |
| | 0.711 | 0.578 |
| | 0.808 | 0.508 |
| | 0.906 | 0.453 |
| | 1.004 | 0.409 |
| | 1.101 | 0.373 |
| | 1.199 | 0.342 |
| | 1.297 | 0.316 |
| | 1.394 | 0.294 |
| | 1.492 | 0.275 |
| | 1.590 | 0.258 |
| | 1.687 | 0.243 |
| | 1.785 | 0.230 |
| | 1.883 | 0.218 |
| | 1.980 | 0.207 |
| | 2.078 | 0.197 |
| | 2.176 | 0.189 |
| | 2.274 | 0.181 |
| | 2.371 | 0.173 |
| | 2.469 | 0.166 |
| T_D | 2.567 | 0.160 |
| | 2.635 | 0.152 |
| | 2.703 | 0.144 |
| | 2.771 | 0.137 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.345 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.172 s |
| T_C | 0.515 s |
| T_D | 2.567 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

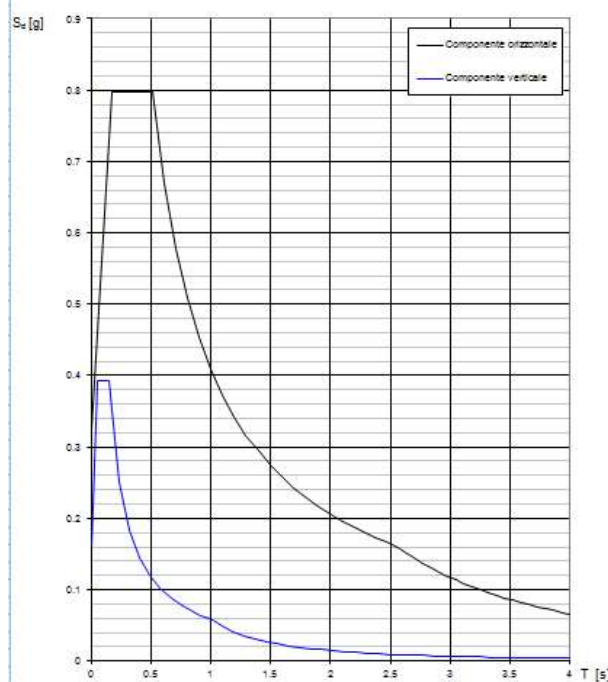
(NTC-08 Eq. 3.2.5)

(NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)

(NTC-07 Eq. 3.2.8)

(NTC-07 Eq. 3.2.7)

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



Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudo statico, si eseguirà un calcolo elastico assumendo un fattore di struttura unitario. 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  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 12 |

5 SOFTWARE DI CALCOLO

5.1 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO ADOTTATI

Per le analisi delle strutture è stato utilizzato il Sap 2000 v.14.1 prodotto, distribuito ed assistito da Computers and Structures, Inc.1995 University Ave. Berkeley. Questa procedura è sviluppata in ambiente Windows, permette l'analisi elastica lineare e non di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono frame (trave), con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse. I carichi sono applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche. A supporto del programma è fornito un ampio manuale d'uso contenente fra l'altro una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

Tale programma fornisce in output, oltre a tutte le caratteristiche geometriche e di carico delle strutture, i risultati relativi alle sollecitazioni indotte nelle sezioni degli elementi presenti.

5.2 UNITÀ DI MISURA

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

5.3 GRADO DI AFFIDABILITÀ DEL CODICE

L'affidabilità del codice di calcolo e' garantita dall'esistenza di un' ampia documentazione di supporto. E' possibile inoltre ottenere rappresentazioni grafiche di deformate e sollecitazioni della struttura

5.4 VALUTAZIONE DELLA CORRETTEZZA DEL MODELLO

Il modello di calcolo adottato e' da ritenersi appropriato in quanto non sono state riscontrate labilità, le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati, la simmetria di carichi e struttura dà origine a sollecitazioni simmetriche.

5.5 CARATTERISTICHE DELL'ELABORAZIONE

Tutte le analisi strutturali sono state eseguite su di una workstation dedicata avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- Tipo Intel i7
- Memoria centrale 8 Gb;
- Lunghezza in bit della parola 64 bit;
- Memoria di massa 1 Hard disk da 500 Gb.

5.6 GIUDIZIO FINALE SULLA ACCETTABILITÀ DEI CALCOLI

Si ritiene che i risultati ottenuti dalla elaborazione siano accettabili e che le ipotesi poste alla base della formulazione del modello matematico siano valide come dimostrato dal comportamento dei materiali.

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 13 |

All'interno del pacchetto Sap 2000 sono inoltre presente una serie di test per il benchmark del solutore, che consentono di comprovare l'affidabilità del codice di calcolo e paragonare risultati ottenuti con le soluzioni esatte.

5.7 PROGRAMMI DI SERVIZIO

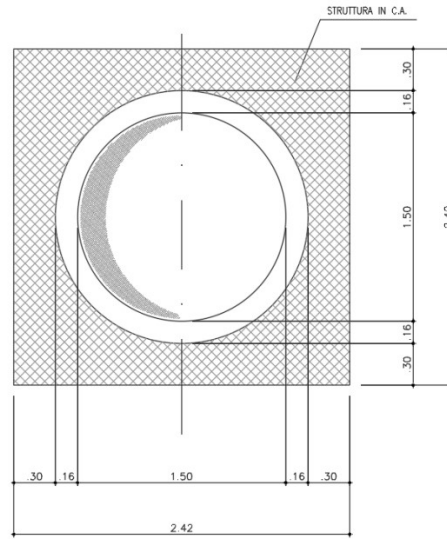
Per le verifiche delle sezioni si adotta il programma: "RC-SEC" – Autore GEOSTRU Software. ANALISI DEI CARICHI E FASI

| | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| 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 | | | | | | | | | |
| | | NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA NI 15 00 | | | PROGR 001 |

6 TOMBINO DN1500

La dimensione interna è di 1.82m e l'altezza interna pari a 1.82m, 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.



6.1 GEOMETRIA

| DATI GEOMETRICI | | | |
|---------------------------------------|---------------|--------|------|
| Grandezza | Simbolo | Valore | U.M. |
| larghezza totale scatolare | L_{tot} | 2.42 | m |
| larghezza utile scatolare | L_{int} | 1.82 | m |
| larghezza interasse | L_a | 2.12 | 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 scatolare | H_{tot} | 2.42 | m |
| altezza libera scatolare | H_{int} | 1.82 | m |
| spessore pacchetto stradale superiore | $H_{p_{sup}}$ | 0.13 | m |
| spessore ricoprimento superiore | $H_{R_{sup}}$ | 0.00 | m |
| spessore pacchetto stradale inferiore | $H_{p_{inf}}$ | 0.00 | m |
| spessore ricoprimento inferiore | $H_{R_{inf}}$ | 0.00 | m |

| | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| 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 | | | | | | | | | |
| | | NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA NI 15 00 | | | PROGR 001 |

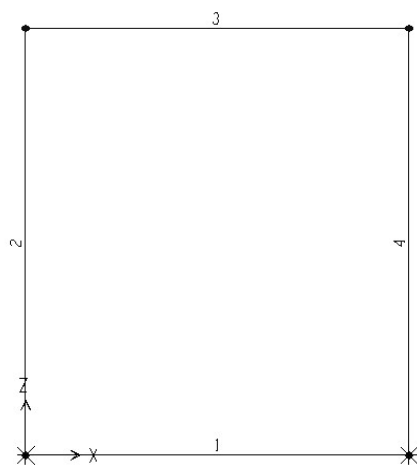
6.2 MODELLO DI CALCOLO

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

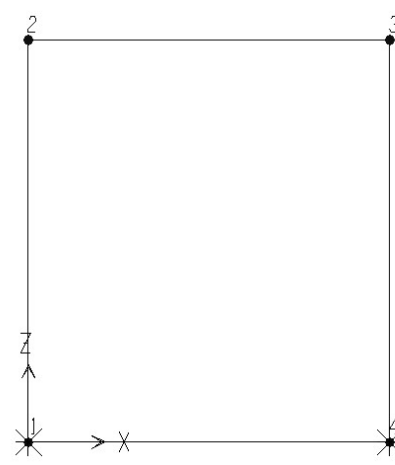
Il modello considerato per l'analisi è quello di uno scatolare di profondità unitaria (1.00m) soggetto alle azioni da traffico di norma e quelle permanenti. In corrispondenza dei vertici dello scatolare sono state inserite delle zone rigide pari a metà spessore degli elementi.

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

Di seguito si riporta lo schema di calcolo.



Numerazione aste



Numerazione nodi

6.2.1 Valutazione della rigidità delle molle

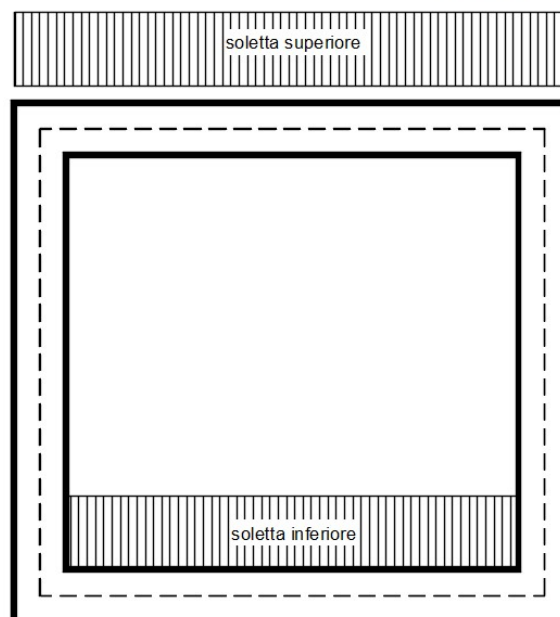
Si considera lo scatolare appoggiato su di un letto di molle (schematizzazione alla Winkler) assegnando alle aste di fondazione del modello un valore di "linear spring" pari a $K = 22000 \text{ kN/mc}$.

| | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| 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 | | | | | | | | | |
| | | NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA NI 15 00 | | | PROGR 001 |

6.3 ANALISI DEI CARICHI

6.3.1 Peso proprio della struttura e carichi permanenti portati

| | | |
|--------------------------|---------------------------------------|------------------|
| <u>Soletta superiore</u> | - Peso proprio | 7.50 kN/m |
| | - Totale | 7.50 kN/m |
| | - Peso pacchetto pavimentazione 13 cm | 3.00 kN/m |
| | - Peso terreno ricoprimento | 0.00 kN/m |
| | - Totale | 3.00 kN/m |
| <u>Soletta inferiore</u> | - Peso proprio | 7.50 kN/m |
| | - Totale | 7.50 kN/m |
| | - Peso pacchetto pavimentazione 0 cm | 0.00 kN/m |
| | - Peso terreno ricoprimento | 0.00 kN/m |
| | - Totale | 0.00 kN/m |
| <u>Piedritti</u> | - Peso proprio | 7.50 kN/m |
| | - Totale | 7.50 kN/m |



Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra soletta superiore e piedritti con valore pari a 0.45 kN. Al fine di considerare le porzioni di struttura relative al cerchio inscritto nella sezione scatolare, nei quattro nodi di vertice si considera un carico, dovuto al peso proprio, pari a 3.00 kN.

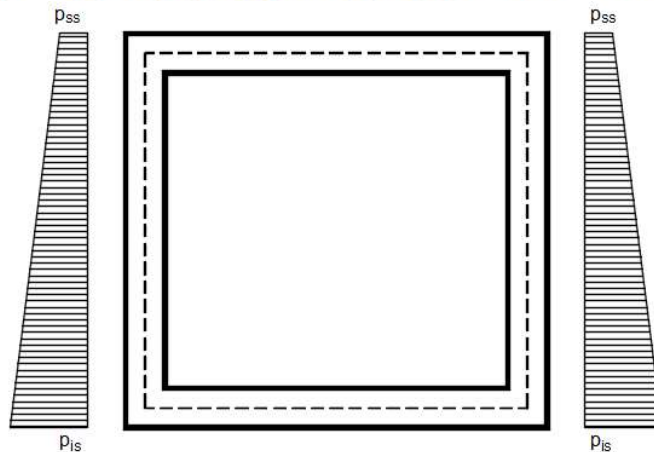
| | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | MANDANTI HYpro | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| | | NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA NI 15 00 | | | PROGR 001 |

6.3.2 Spinta sulle pareti dovuta al terreno ed al sovraccarico permanente

Per il rinterro si prevede un terreno avente angolo di attrito $\varphi = 35^\circ$ ed un peso di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$, il coefficiente di spinta viene calcolato, considerando l'elevata rigidezza dello scatolare, utilizzando la formula $K_0 = 1 - \sin\varphi'$, per cui si ottiene un valore di $K_0 = 0.43$. Le spinte in asse soletta superiore ed asse soletta inferiore valgono:

$$p_{ss} = K_0 * (H_r + H_p + S_s/2) * \gamma = 2.4 \text{ kN/m}$$

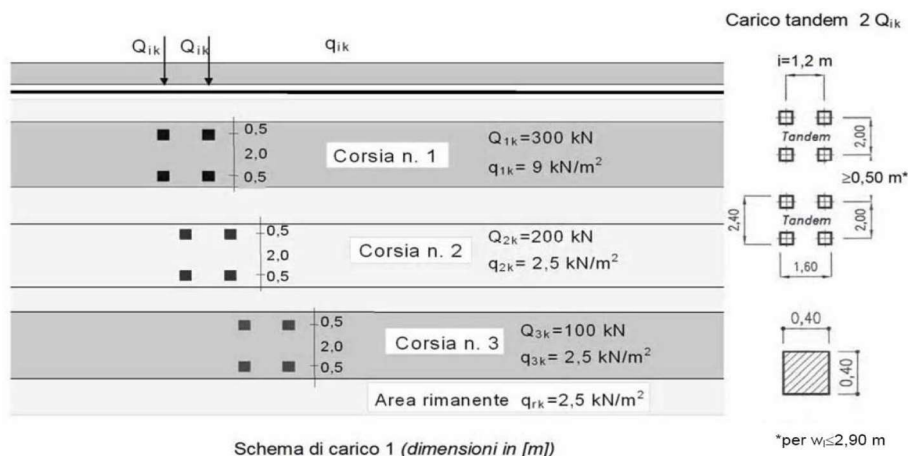
$$p_{is} = p_{ss} + K_0 * \gamma * (S_s/2 + H_{int} + S_f/2) = 20.5 \text{ kN/m}$$



Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto e soletta superiore con valore pari a 0.26 kN ed inferiore con valore pari a 3.17 kN.

6.3.3 Ripartizione dei carichi mobili verticali

Le azioni variabili del traffico definite nello Schema di Carico 1 sono costituite da carichi concentrati e da carichi uniformemente distribuiti. Tale schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali.



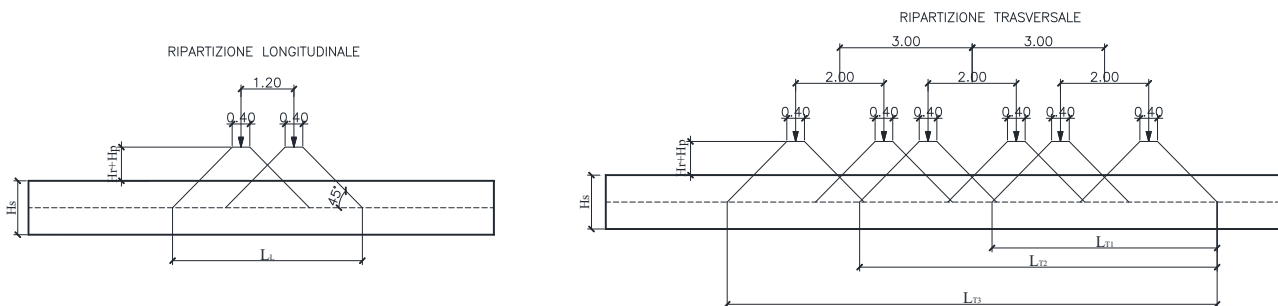
Il numero delle colonne di carichi mobili e la loro disposizione sono quelli massimi compatibili con la larghezza della carreggiata considerata, per i ponti di 1a Categoria.

**NI15 - Relazione di calcolo
tombino**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 18 |

| Posizione | Carico asse Q_{ik} [kN] | q_{ik} [kN/m ²] |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------|
| Corsia Numero 1 | 300 | 9 |
| Corsia Numero 2 | 200 | 2,5 |
| Corsia Numero 3 | 100 | 2,5 |
| Altre corsie | 0,00 | 2,50 |

La ripartizione dei carichi si effettua considerando il carico isolato da 150 kN con impronta quadrata di lato 0.4 m.



Il carico è schematizzato da due assi da 150 kN disposti ad interasse di 1.20m.

Si procede al calcolo dei carichi per metro lineare riferiti al baricentro della soletta per i diversi treni di carico. Si considera una larghezza di ripartizione trasversale massima pari alla larghezza della corsia di carico di 3.00 m pertanto:

$$q_{1k} = \frac{600}{L_L \times L_{T1}}$$

$$L_L = 2.05 \text{ m} \quad q_{2k} = 9.0 \text{ kN/m}^2$$

$$L_{T1} = 2.85 \text{ m} \quad q_{1k} = 102.7 \text{ kN/m}^2$$

$$L_{T2} = 5.85 \text{ m} \quad q_{1k} = 83.4 \text{ kN/m}^2$$

$$L_{T3} = 8.85 \text{ m} \quad q_{1k} = 66.1 \text{ kN/m}^2$$

Per tenere in conto le carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra soletta superiore e piedritti con valore pari a 15.40 kN per i carichi concentrati e valore pari a 1.35 kN per il carico distribuito.

Il calcolo dello scatolare viene eseguito per una striscia trasversale di 1.00m.

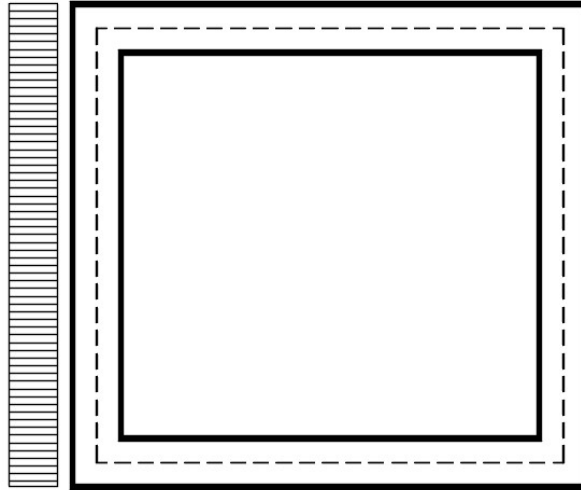
6.3.4 Spinta del sovraccarico sul rilevato $q_1=20 \text{ kN/m}$

$$q_1 = 20.00 \text{ kN/m}^2$$

$$p_1(\text{str}) = q_1 \cdot K_0 = 8.53 \text{ kN/m}^2$$

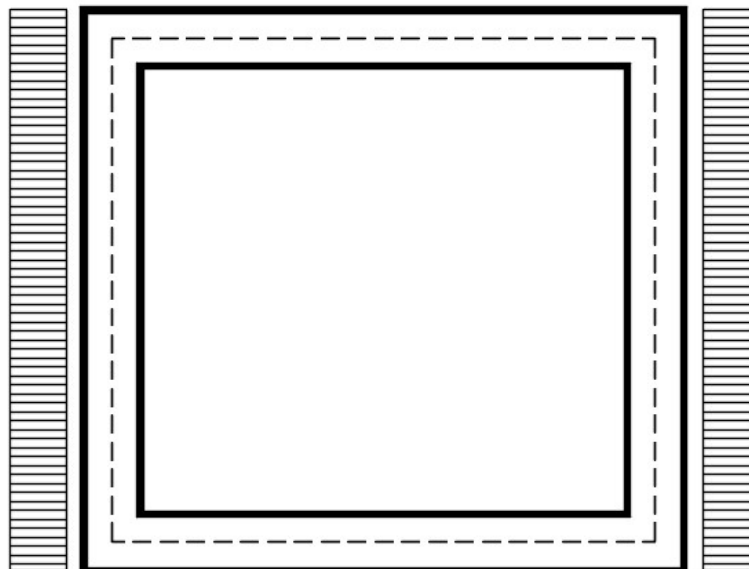
a) Spinta sul piedritto sinistro

| | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|---------------------------------|----------|---|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| 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 | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 19 |



Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto sinistro e soletta superiore con valore pari a 1.28 kN ed inferiore con valore pari a 1.28 kN.

b) Spinta su entrambi i piedritti



Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritti e soletta superiore con valore pari a 1.28 kN ed inferiore con valore pari a 1.28 kN.

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | MANDANTI  | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| | | NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA NI 15 00 | | | PROGR 001 |

6.3.5 Frenatura

$$Q_3 = 0.6 \cdot (2Qk1) + 0.1 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L = 367 \text{ kN}$$

$$w_1 = 3.00 \text{ m} \quad (\text{larghezza della corsia})$$

$$L = 2.42 \text{ m} \quad (\text{lunghezza della zona caricata})$$

La forza uniformemente distribuita da applicare sulla soletta vale:

$$q_3 = 50.5 \text{ kN/m}^2$$

6.3.6 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

Cl_s a t=0

| | | | | |
|----------|---|---------|-------------------|---|
| R_{ck} | = | 40 | N/mm ² | Resistenza a compressione cubica caratteristica |
| f_{ck} | = | 33.2 | N/mm ² | Resistenza a compressione cilindrica caratteristica |
| f_{cm} | = | 41.2 | N/mm ² | Resistenza a compressione cilindrica media |
| α | = | 1.0E-05 | | |
| E_{cm} | = | 33643 | N/mm ² | Modulo elastico secante medio |

Tempo e ambiente

| | | | | |
|----------------|---|--------|-----------------|--|
| t_s | = | 2 | gg | età del calcestruzzo in giorni, all'inizio del ritiro per essiccamento |
| t_0 | = | 2 | gg | età del calcestruzzo in giorni al momento del carico |
| t | = | 25550 | gg | età del calcestruzzo in giorni |
| $h_0 = 2A_c/u$ | = | 600 | mm | dimensione fittizia dell'elemento di cls |
| A_c | = | 300000 | mm ² | sezione dell'elemento |
| u | = | 1000 | mm | perimetro a contatto con l'atmosfera |
| RH | = | 75 | % | umidità relativa percentuale |

Coefficiente di viscosità $\phi(t, t_0)$ e modulo elastico EC_t a tempo "t"

$$\phi(t, t_0) = \phi_0 \beta_c(t, t_0) = 1.982$$

$$\phi_0 = \phi RH \beta_c(f_{cm}) \beta_c(t_0) = 127.48 \text{ coeff nominale di viscosità}$$

$$\phi_{RH} = 1 + \left[\frac{1 - RH/100}{0.1 \sqrt{h_0}} \alpha_1 \right] \alpha_2 = 1.256 \text{ coeff che tiene conto dell'umidità}$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.7} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.892 \text{ coeff per la resistenza del cls}$$

**NI15 - Relazione di calcolo
tombino**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 21 |

$$\alpha_2 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.2} & \text{per } f_{cm} > 35\text{MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35\text{MPa} \end{cases} =$$

0.968 coeff per la resistenza del cls

$$\beta_c(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} =$$

2.617 coeff che tiene conto della resistenza del cls

$$\beta_c(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})} =$$

0.649 coeff per l'evoluzione della viscosità nel tempo

$$t_0 = t_0 \left(\frac{9}{2 + t_0^{1.2}} + 1 \right)^\alpha \geq 0.5 =$$

6.19 coeff per la variabilità della viscosità nel tempo

$$\alpha =$$

1

coeff per il tipo di cemento (-1 per classe S, 0 per classe N, 1 per classe R)

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

0.984 coeff per la variabilità della viscosità nel tempo

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

1382.5 coeff che tiene conto dell'umidità relativa

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

0.922 coeff per la resistenza del calcestruzzo

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

$$E_{cm}(t, t_0) = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(t, t_0)} =$$

11281951 kN/m²

Deformazioni di ritiro

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

0.000343 deformazione di ritiro $\varepsilon(t, t_0)$

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

0.000285 deformazione 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

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA  | MANDANTI  | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| | | NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA NI 15 00 | | | PROGR 001 |

$K_h =$

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 |

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

$$\varepsilon_{ca,0} = 0.85 \left[(200 + 100 \alpha_{ds1}) \exp(-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}) \right] 10^{-6} \beta_{RH} = 0.000416$$

deformazione di base

$$\beta_{RH} = 1.55 \left[1 - \left(\frac{RH}{RHO} \right)^3 \right] = 0.896094$$

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

$$RH0 = 100 \%$$

$$\alpha_{ds1} = 6$$

$$\alpha_{ds2} = 0.11$$

coeff per il tipo di cemento (3 per classe S, 4 per classe N, 6 per classe R)

coeff per il tipo di cemento (0.13 per classe S, 0.12 per classe N, 0.11 per classe R)

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca,00} = 0.000058$$

deformazione dovuta al ritiro autogeno

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

$$\varepsilon_{ca00} = 2.5(f_{ck} - 10)10^{-6} = 0.000058$$

Variazione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:

$$\Delta T_{ritiro} = - \frac{\varepsilon_s(t, t_0) E_{cm}}{(1 + \varphi(t, t_0)) E_{cm} \alpha} = -11.50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

6.3.7 Azione sismica inerziale

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:

$$\text{Forza sismica orizzontale } F_h = k_h * W$$

$$\text{Forza sismica verticale } F_v = k_v * W$$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

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

$$k_v = \pm 0.5 * k_h$$

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 $V_R = V_N * C_u = 113$ 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 $a_g = 0.242 \text{ g}$.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA   | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| | NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV |
| LI0B | | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 23 |

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

$$a_{max} = S * a = S_s * S_t * a_g$$

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

$$S_s = 1.366 \quad \text{Coefficiente di amplificazione stratigrafica}$$

$$S_t = 1 \quad \text{Coefficiente di amplificazione topografica}$$

ne deriva che:

$$a_{max} = 1.366 * 1 * 0.242 \text{ g} = 0.331 \text{ g}$$

$$k_h = a_{max}/g = 0.331$$

$$k_v = \pm 0.5 * k_h = 0.165$$

| | | | | |
|--|---|--------------|-------------|--|
| $F_{sis} = a_{max} * \gamma * H_{tot}$ | | 16.00 | kN/m | (carico applicato sulla parete) |
| $F_{inp} = \alpha * S_p * \gamma * 1m$ | = | 2.48 | kN/m | (inerzia piedritti) |
| Totale = | | 18.48 | kN/m | (piederitto sx) |
| Totale = | | 2.48 | kN/m | (piederitto dx) |
| $F_{inr} = \alpha * (H_p + H_r) * \gamma_r * 1m$ | = | 0.86 | kN/m | (inerzia pavimentazione e riempimento) |
| $F_{ins} = \alpha * S_s * \gamma_{cls} * 1m$ | = | 1.98 | kN/m | (inerzia soletta superiore) |
| Totale = | | 2.84 | kN/m | (soletta superiore) |

Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto sinistro e soletta superiore con valore pari a 2.77 kN ed inferiore con valore pari a 2.77 kN. Si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto destro e soletta superiore con valore pari a 0.37 kN ed inferiore con valore pari a 0.37 kN.

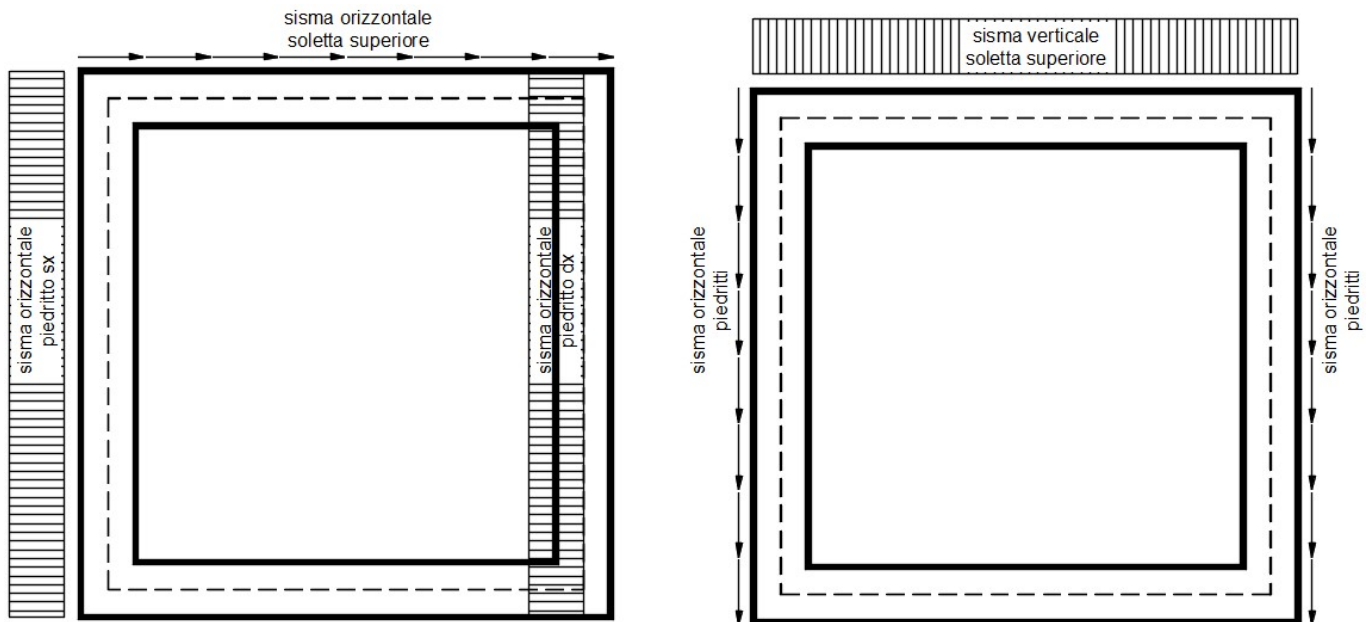
Sisma verticale

| | | | | |
|--|---|-------------|-------------|--|
| $F_{inp} = 0.5 * \alpha * S_p * \gamma * 1m$ | | 1.24 | kN/m | (inerzia piedritti) |
| $F_{inr} = 0.5 * \alpha * (H_p + H_r) * \gamma_r * 1m$ | = | 0.43 | kN/m | (inerzia pavimentazione e riempimento) |
| $F_{ins} = 0.5 * \alpha * S_s * \gamma_{cls} * 1m$ | = | 0.99 | kN/m | (inerzia soletta superiore) |
| Totale = | | 1.42 | kN/m | (soletta superiore) |

Per tenere in conto le carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra soletta superiore e piedritti con valore pari a 0.21 kN.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali: $G_1 + G_2 + \psi_{2j} Q_{kj}$

| | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| 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 | | | | | | | | | |
| | | NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA NI 15 00 | | | PROGR 001 |



Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto e soletta superiore con valore pari a 1.28 kN ed inferiore con valore pari a 1.28 kN.

6.3.8 Spinta sismica terreno

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:

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

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

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------|
| MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 25 |

7 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  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 26 |

7.1 COMBINAZIONE DEI CARICHI

Le condizioni di carico elementari sono le seguenti

- 1 Peso proprio elementi strutturali e non strutturali (g_1)
- 2 Carichi permanenti portati (g_2)
- 3 Spinta delle terre calcolata con i coefficienti A1+M1 ($g_{3\text{str}}$)
- 4 Ritiro e viscosità (ε_2)
- 5 Variazioni termiche (ε_3)
- 6 Gruppo di carico con valore caratteristico del carico tandem per M_{\max} (GR-T)
- 7 Gruppo di carico con valore caratteristico del carico uniforme (GR-U)
- 8 Gruppo di carico con valore caratteristico del carico tandem per T_{\max} (GR-T)
- 10 Gruppo di carico 2a con frenatura (GR-Fr)
- 11 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale 20kN/m su parete sx calcolato con i coefficienti A1+M1 ($q_{9\text{str}}$)
- 12 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale 20kN/m su parete sx calcolato con i coefficienti A2+M2 ($q_{9\text{geo}}$)
- 13 Spinta delle terre calcolata con i coefficienti A2+M2 ($g_{3\text{geo}}$)
- 14 Sisma orizzontale (q_{6x})
- 15 Sisma verticale (q_{6z})

Non tutte le condizioni precedenti sono attive per l'opera in esame.

L'opera principale è trattata con le combinazioni tipiche dei ponti ai sensi del DM 14/01/2008 e s.m.i.

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

| Gruppo di azioni | Carichi sulla carreggiata | | | | | Carichi su marciapiedi e piste ciclabili |
|--------------------|---|----------------------------------|--|-----------------------|------------------------|---|
| | Carichi verticali | | | Carichi orizzontali | | Carichi verticali |
| | Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6) | Veicoli speciali | Folla (Schema di carico 5) | Frenatura q_3 | Forza centrifuga q_4 | Carico uniformemente distribuito |
| 1 | Valore caratteristico | | | | | Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5 kN/m ² |
| 2 a | Valore frequente | | | Valore caratteristico | | |
| 2 b | Valore frequente | | | | Valore caratteristico | |
| 3 ^(*) | | | | | | Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ² |
| 4 ^(**) | | | Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ² | | | Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ² |
| 5 ^(***) | Da definirsi per il singolo progetto | Valore caratteristico o nominale | | | | |

^(*) Ponti di 3^a categoria
^(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
^(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

La Tab. 5.1.V fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi, il significato dei simboli è il seguente:

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-----------|---|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 27 |

gG1 coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;
gG2 coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
gQ coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;
gQi coefficiente parziale delle azioni variabili.

I valori dei coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} per le diverse categorie di azioni sono riportati nella Tab. 5.1.VI.

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 |
| | 4 (folla) | ---- | 0,75 | 0,0 |
| Vento q_5 | Vento a ponte scarico | | | |
| | SLU e SLE | 0,6 | 0,2 | 0,0 |
| | Esecuzione | 0,8 | ---- | 0,0 |
| Neve q_5 | Vento a ponte carico | 0,6 | | |
| | 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 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 | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 28 |

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

| PARAMETRO | GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE | COEFFICIENTE PARZIALE γ_M | (M1) | (M2) |
|---|---|-------------------------------------|------|------|
| <i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i> | $\tan \phi'_k$ | $\gamma_{\phi'}$ | 1,0 | 1,25 |
| <i>Coesione efficace</i> | c'_k | $\gamma_{c'}$ | 1,0 | 1,25 |
| <i>Resistenza non drenata</i> | c_{uk} | γ_{cu} | 1,0 | 1,4 |
| <i>Peso dell'unità di volume</i> | γ | γ_f | 1,0 | 1,0 |

**NI15 - Relazione di calcolo
tombino**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 29 |

8 DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI

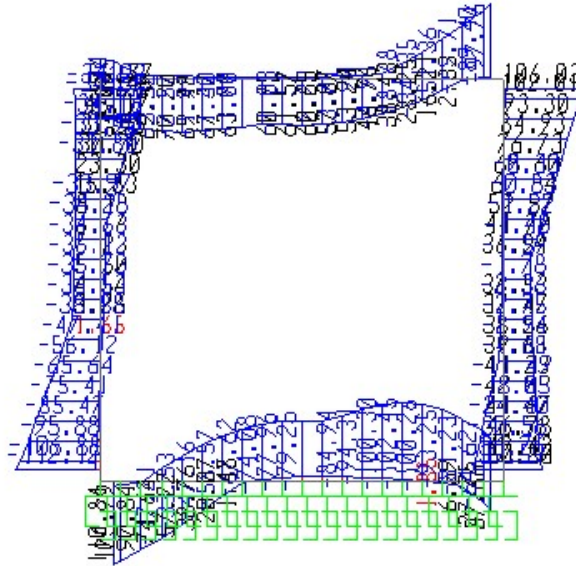


Fig. 2 – Involuppo momenti flettenti SLU

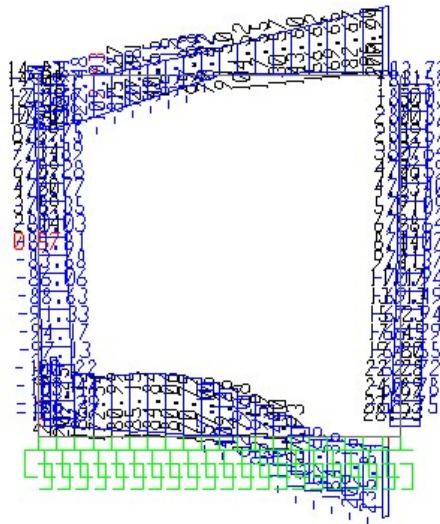


Fig. 3 – Involuppo sforzi taglienti SLU

**NI15 - Relazione di calcolo
tombino**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 30 |

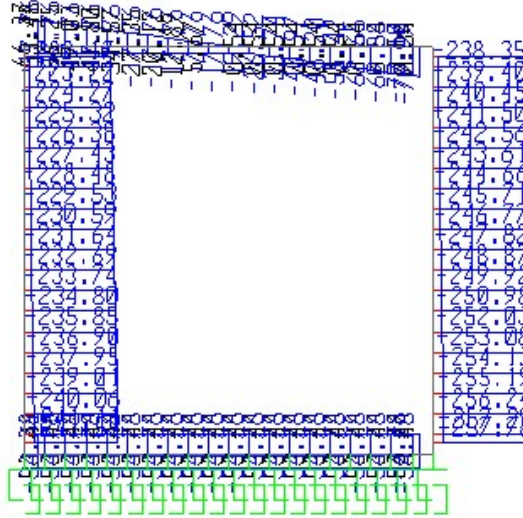


Fig. 4 – Inviluppo azioni assiali SLU

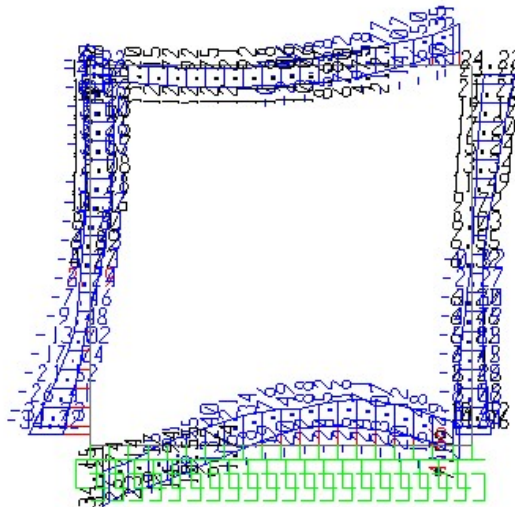


Fig. 5 – Inviluppo momenti flettenti SLV

**NI15 - Relazione di calcolo
tombino**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 31 |

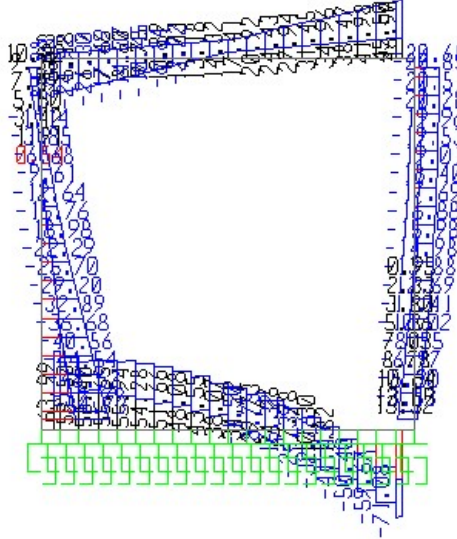


Fig. 6 – Involuppo sforzi taglianti SLV

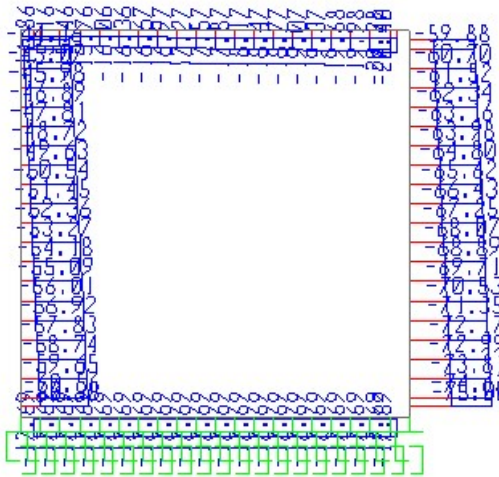


Fig. 7 – Involuppo azioni assiali SLV

**NI15 - Relazione di calcolo
tombino**

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 32 |

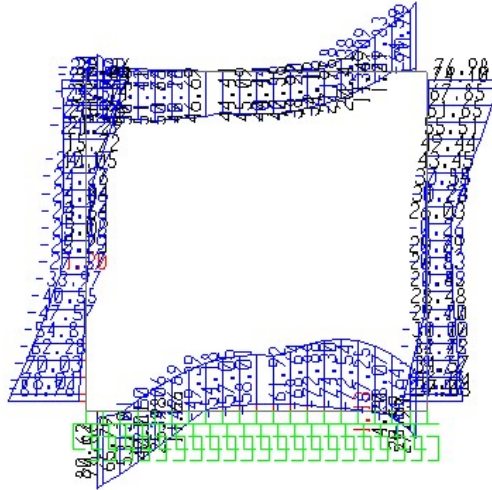


Fig. 8 – Involuppo momenti flettenti SLE rara

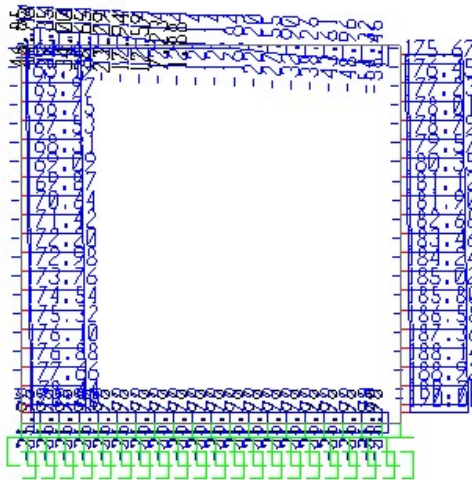


Fig. 9 – Involuppo azioni assiali SLE rara

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 33 |

9 VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

Nelle tabelle seguenti sono indicati i valori delle sollecitazioni massime e i valori delle sollecitazioni per la verifica a fessurazione risultanti dalle combinazioni di cui al capitolo precedente.

Per le verifiche in corrispondenza dei nodi si considerano le sollecitazioni a filo elemento rigido.

Per una copertura pari a 2.00 metri risultano le seguenti sollecitazioni:

| | | SLU STR | | | | | SLU SISMA | | | | |
|----------------------|------------------|---------|----------------|--------|-----------------|----------------|-----------|----------------|--------|-----------------|----------------|
| Elemento strutturale | Sezione | ID Asta | C.C. M_{max} | N (kN) | M_{max} (kNm) | T_{max} (kN) | ID Asta | C.C. M_{max} | N (kN) | M_{max} (kNm) | T_{max} (kN) |
| soletta inferiore | nodo | 1 | SLU182 | 55.43 | 39.04 | 177.65 | 1 | SLUsisma47 | 9.48 | 57.21 | -110.43 |
| soletta inferiore | campata | 1 | SLU164 | 43.67 | -53.57 | - | 1 | SLUsisma27 | 8.18 | -41.01 | - |
| soletta superiore | nodo | 3 | SLU90 | 37.35 | -27.88 | 121.83 | 3 | SLUsisma27 | 51.74 | -44.74 | 89.54 |
| soletta superiore | campata | 3 | SLU160 | 21.44 | 40.35 | - | 3 | SLUsisma47 | 25.90 | 23.82 | - |
| piedritti | nodo soletta inf | 2 | SLU182 | 179.54 | -46.62 | -67.46 | 2 | SLUsisma47 | 63.73 | -56.70 | -87.47 |
| piedritti | nodo soletta sup | 4 | SLU158 | 164.94 | 39.29 | 48.29 | 4 | SLUsisma27 | 105.22 | 47.59 | -51.96 |
| piedritti | mezzeria | 2 | SLU39 | 62.04 | 6.56 | - | 2 | SLUsisma15 | 38.20 | 17.75 | - |

Per una copertura pari a 0.00 metri risultano le seguenti sollecitazioni:

| | | SLU STR | | | | | SLU SISMA | | | | |
|----------------------|------------------|---------|----------------|--------|-----------------|----------------|-----------|----------------|--------|-----------------|----------------|
| Elemento strutturale | Sezione | ID Asta | C.C. M_{max} | N (kN) | M_{max} (kNm) | T_{max} (kN) | ID Asta | C.C. M_{max} | N (kN) | M_{max} (kNm) | T_{max} (kN) |
| soletta inferiore | nodo | 1 | SLU134 | 43.06 | 110.84 | -235.84 | 1 | SLUsisma31 | 3.65 | 34.15 | -71.08 |
| soletta inferiore | campata | 1 | SLU140 | 51.41 | -102.45 | - | 1 | SLUsisma27 | 2.44 | -25.16 | - |
| soletta superiore | nodo | 3 | SLU234 | 78.98 | -97.76 | 200.91 | 3 | SLUsisma43 | 19.29 | -22.31 | 46.90 |
| soletta superiore | campata | 3 | SLU136 | 38.34 | 70.20 | - | 3 | SLUsisma31 | 13.84 | 12.92 | - |
| piedritti | nodo soletta inf | 2 | SLU134 | 100.83 | -112.12 | -108.37 | 2 | SLUsisma31 | 47.21 | -34.32 | -54.74 |
| piedritti | nodo soletta sup | 4 | SLU234 | 222.10 | 106.03 | -83.78 | 4 | SLUsisma43 | 56.39 | 24.23 | -20.68 |
| piedritti | mezzeria | 2 | SLU133 | 75.72 | 55.77 | - | 2 | SLUsisma15 | 4.28 | 12.75 | - |

Risulta pertanto dimensionante la condizione con 0.00 metri di copertura.

Le sollecitazioni per gli SLE risultano:

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| 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 | | | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 34 |

| Elemento strutturale | Sezione | SLE RARA | | | | SLE FREQUENTE | | | | SLE QUASI PERMANENTE | | | |
|----------------------|------------------|----------|--------|--------|------------------------|---------------|--------|--------|------------------------|----------------------|-------|--------|------------------------|
| | | ID Asta | C.C. | N (kN) | M _{max} (kNm) | ID Asta | C.C. | N (kN) | M _{max} (kNm) | ID Asta | C.C. | N (kN) | M _{max} (kNm) |
| soletta inferiore | nodo | 1 | SLEr41 | 30.84 | 80.62 | 1 | SLEf21 | 22.55 | 23.83 | 1 | SLEq3 | 22.05 | 7.77 |
| soletta inferiore | campata | 1 | SLEr43 | 31.97 | -74.30 | 1 | SLEf17 | 22.96 | -42.86 | 1 | SLEq5 | 20.84 | -8.28 |
| soletta superiore | nodo | 3 | SLEr43 | 56.46 | -70.79 | 3 | SLEf23 | 6.28 | -15.11 | 3 | SLEq5 | 6.87 | -3.55 |
| soletta superiore | campata | 3 | SLEr41 | 27.11 | 51.11 | 3 | SLEf15 | 3.62 | 33.16 | 3 | SLEq3 | 5.65 | 3.58 |
| pedritti | nodo soletta inf | 2 | SLEr41 | 75.48 | -81.76 | 2 | SLEf21 | 131.51 | -30.59 | 2 | SLEq3 | 29.60 | -8.71 |
| pedritti | nodo soletta sup | 4 | SLEr43 | 175.31 | 76.98 | 4 | SLEf15 | 132.77 | 28.62 | 4 | SLEq3 | 29.60 | 8.71 |
| pedritti | mezzeria | 2 | SLEr41 | 60.73 | 39.86 | 2 | SLEf12 | 17.36 | 1.98 | 2 | SLEq3 | 20.66 | 0.60 |

9.1 VERIFICA SOLETTA SUPERIORE

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|----------------|---|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resistenza compress. di progetto fcd: | 18.80 MPa |
| | Resistenza compress. ridotta fcd': | 9.400 MPa |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33643.0 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.100 MPa |
| | Coeff.Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 18.260 MPa |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 18.260 MPa |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.200 mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 13.280 MPa |
| | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 mm |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| | Resist. caratt. a snervamento fyk: | 450.00 MPa |
| | Resist. caratt. a rottura ftk: | 450.00 MPa |
| | Resist. a snerv. di progetto fyd: | 391.30 MPa |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 MPa |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 |
| | Modulo Elastico Ef: | 200000.0 MPa |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Bilineare finito |
| | Coeff. Aderenza istant. β1*β2: | 1.00 |
| | Coeff. Aderenza differito β1*β2: | 0.50 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA   | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| | NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV |
| LI0B | | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 35 |

Comb.Rare - Sf Limite:

337.50 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

| | | |
|--------------------------------|-------|-------------------------|
| Base: | 100.0 | cm |
| Altezza: | 30.0 | cm |
| Barre inferiori: | 5Ø20 | (15.7 cm ²) |
| Barre superiori: | 5Ø20 | (15.7 cm ²) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 6.0 | cm |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 6.0 | cm |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 6.0 | cm |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | |
|----|---|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.) |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| Vy | Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale |
| MT | Momento torcente [kN m] |

| N°Comb. | N | Mx | Vy | MT |
|---------|-------|--------|--------|------|
| 1 | 78.98 | -97.76 | 200.91 | 0.00 |
| 2 | 38.34 | 70.20 | 0.00 | 0.00 |

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | |
|----|--|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.) |
| Mx | Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|-------|--------|
| 1 | 56.46 | -70.79 |
| 2 | 27.11 | 51.11 |

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | |
|----|--|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.) |
| Mx | Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|---|----|
|---------|---|----|

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 36 |

| | | |
|---|------|-----------------|
| 1 | 6.28 | -15.11 (-55.56) |
| 2 | 3.62 | 33.16 (54.69) |

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | | |
|----|--|--|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.) | |
| Mx | Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | |

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|------|----------------|
| 1 | 6.87 | -3.55 (-60.29) |
| 2 | 5.65 | 3.58 (59.10) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | | |
|--|------|-------------------------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 5.0 | cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 16.0 | cm |
| Interferro massimo barre longitudinali: | 22.0 | cm [deve essere < 30.0] |
| Copriferro netto minimo staffe: | 4.2 | cm |

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| | | |
|----------|---|--|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata | |
| N | Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione) | |
| Mx | Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico | |
| N Ult | Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.) | |
| Mx rd | Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico | |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000 | |
| Yn | Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez. | |
| As Tot. | Area complessiva armature long. pilastro [cm ²]. (tra parentesi l'area minima di normativa) | |

| N°Comb | Ver | N | Mx | N rd | Mx rd | Mis.Sic. | Yn | x/d | C.Rid. | As Tot. |
|--------|-----|-------|--------|-------|---------|----------|------|-----|--------|------------|
| 1 | S | 78.98 | -97.76 | 79.07 | -148.54 | 1.519 | 5.4 | --- | --- | 31.4 (9.0) |
| 2 | S | 38.34 | 70.20 | 38.57 | 144.65 | 2.061 | 24.7 | --- | --- | 31.4 (9.0) |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 37 |

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| | |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione) |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|---------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.00350 | 0.0 | -0.00040 | 6.0 | -0.01210 | 24.0 |
| 2 | 0.00350 | 30.0 | -0.00047 | 24.0 | -0.01240 | 6.0 |

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

| | | | |
|------------------|------|--------------------|---|
| Diametro staffe: | 8 | mm | |
| Passo staffe: | 19.1 | cm | [Passo massimo di normativa = 24.0 cm] |
| N.Bracci staffe: | 5 | | |
| Area staffe/m : | 13.2 | cm ² /m | [Area Staffe Minima NTC = 2.4 cm ² /m] |

VERIFICHE A TAGLIO

| | |
|------|---|
| Ver | S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata |
| Ved | Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta) |
| Vrd | Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC] |
| Vcd | Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC] |
| Vwd | Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC] |
| bw z | Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro Braccio coppia interna |
| Ctg | Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato |
| Acw | Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione |
| Ast | Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm ² /m] |

| N°Comb | Ver | Ved | Vcd | Vwd | bw z | Ctg | Acw | Ast |
|--------|-----|--------|---------|--------|-------------|-------|-------|-----|
| 1 | S | 200.91 | 718.06 | 281.22 | 100.0 21.8 | 2.500 | 1.014 | 9.4 |
| 2 | S | 0.00 | 1035.68 | 112.69 | 100.0 21.9 | 1.000 | 1.007 | 0.0 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| | |
|--------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| Sc max | Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]) |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA   | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| | NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV |
| LI0B | | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 38 |

| | |
|---------|--|
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O) |
| Sc min | Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa] |
| Yc min | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O) |
| Sf min | Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa] |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O) |
| Dw Eff. | Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre |
| Ac eff. | Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.) |
| As eff. | Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.) |
| D barre | Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2) |

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 7.33 | 0.0 | 0.00 | 8.6 | -197.5 | 6.0 | 7.1 | 714 | 15.7 | 22.0 |
| 2 | S | 5.29 | 30.0 | 0.00 | 21.6 | -147.0 | 24.0 | 7.2 | 720 | 15.7 | 22.0 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| | |
|---------|---|
| Ver | Esito verifica |
| e1 | Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata |
| e2 | Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata |
| K2 | = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC |
| Kt | fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2 |
| e sm | Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es |
| srm | Distanza massima in mm tra le fessure |
| wk | Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite. |
| M fess. | Momento di prima fessurazione [kNm] |

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00137 | 0.00055 | 0.50 | 0.60 | 0.000592 (0.000592) | 325 | 0.192 (0.20) | -56.67 |
| 2 | S | -0.00102 | 0.00040 | 0.50 | 0.60 | 0.000441 (0.000441) | 326 | 0.144 (0.20) | 55.89 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 1.57 | 0.0 | 0.00 | 8.4 | -44.0 | 6.0 | 7.2 | 722 | 15.7 | 22.0 |
| 2 | S | 3.42 | 30.0 | 0.00 | 21.9 | -99.9 | 24.0 | 7.3 | 729 | 15.7 | 22.0 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----|----|----|----|------|-----|----|---------|
|--------|-----|----|----|----|----|------|-----|----|---------|

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------------------|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> | | MANDANTI HYpro | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 39 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|---------|------|------|---------------------|--|-----|--------------|--|--------|
| 1 | S | -0.00030 | 0.00012 | 0.50 | 0.60 | 0.000132 (0.000132) | | 326 | 0.043 (0.20) | | -55.56 |
| 2 | S | -0.00069 | 0.00026 | 0.50 | 0.60 | 0.000300 (0.000300) | | 328 | 0.098 (0.20) | | 54.69 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 0.37 | 0.0 | 0.00 | 10.7 | -8.6 | 6.0 | 6.9 | 685 | 15.7 | 22.0 |
| 2 | S | 0.37 | 30.0 | 0.00 | 20.8 | -9.1 | 24.0 | 7.0 | 696 | 15.7 | 22.0 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. | |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|-----|--------------|--------|
| 1 | S | -0.00006 | 0.00003 | 0.50 | 0.40 | 0.000026 (0.000026) | | 318 | 0.008 (0.20) | -60.29 |
| 2 | S | -0.00006 | 0.00003 | 0.50 | 0.40 | 0.000027 (0.000027) | | 321 | 0.009 (0.20) | 59.10 |

9.2 VERIFICA SOLETTA INFERIORE

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|----------------|---|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resistenza compress. di progetto fcd: | 18.80 MPa |
| | Resistenza compress. ridotta fcd': | 9.400 MPa |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33643.0 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.100 MPa |
| | Coeff.Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 18.260 MPa |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 18.260 MPa |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.200 mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 13.280 MPa |
| | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 mm |

| | | |
|-----------|------------------------------------|------------|
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| | Resist. caratt. a snervamento fyk: | 450.00 MPa |
| | Resist. caratt. a rottura ftk: | 450.00 MPa |
| | Resist. a snerv. di progetto fyd: | 391.30 MPa |

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | MANDANTI  | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| | | NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA NI 15 00 | | | PROGR 001 |

| | | |
|---|------------------|-----|
| Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 | MPa |
| Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 | |
| Modulo Elastico Ef: | 200000.0 | MPa |
| Diagramma tensioni-deformaz.: | Bilineare finito | |
| Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 1.00 | |
| Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 0.50 | |
| Comb.Rare - Sf Limite: | 337.50 | MPa |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

| | | |
|--------------------------------|-------|-------------------------|
| Base: | 100.0 | cm |
| Altezza: | 30.0 | cm |
| Barre inferiori: | 5Ø22 | (19.0 cm ²) |
| Barre superiori: | 5Ø22 | (19.0 cm ²) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 6.0 | cm |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 6.0 | cm |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 6.0 | cm |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | |
|----|---|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.) |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| VY | Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale |
| MT | Momento torcente [kN m] |

| N°Comb. | N | Mx | Vy | MT |
|---------|-------|---------|---------|------|
| 1 | 43.06 | 110.84 | -235.84 | 0.00 |
| 2 | 51.41 | -102.45 | 0.00 | 0.00 |

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | |
|----|--|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.) |
| Mx | Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|-------|--------|
| 1 | 30.84 | 80.62 |
| 2 | 31.97 | -74.30 |

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 41 |

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|-------|-----------------|
| 1 | 22.55 | 23.83 (58.87) |
| 2 | 22.96 | -42.86 (-57.61) |

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|-------|----------------|
| 1 | 22.05 | 7.77 (65.45) |
| 2 | 20.84 | -8.28 (-64.23) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | | |
|--|------|-------------------------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 4.9 | cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 15.8 | cm |
| Interferro massimo barre longitudinali: | 22.0 | cm [deve essere < 30.0] |
| Copriferro netto minimo staffe: | 4.1 | cm |

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

| N°Comb | Ver | N | Mx | N rd | Mx rd | Mis.Sic. | Yn | x/d | C.Rid. | As Tot. |
|--------|-----|---|----|------|-------|----------|----|-----|--------|---------|
|--------|-----|---|----|------|-------|----------|----|-----|--------|---------|

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 42 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|-------|---------|-------|---------|-------|------|-----|-----|------------|
| 1 | S | 43.06 | 110.84 | 43.28 | 169.18 | 1.526 | 24.3 | --- | --- | 38.0 (9.0) |
| 2 | S | 51.41 | -102.45 | 51.15 | -169.93 | 1.659 | 5.7 | --- | --- | 38.0 (9.0) |

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| | |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione) |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|---------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.00350 | 30.0 | -0.00020 | 24.0 | -0.01130 | 6.0 |
| 2 | 0.00350 | 0.0 | -0.00019 | 6.0 | -0.01125 | 24.0 |

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

| | | | |
|------------------|------|--------------------|---|
| Diametro staffe: | 8 | mm | |
| Passo staffe: | 19.1 | cm | [Passo massimo di normativa = 25.0 cm] |
| N.Bracci staffe: | 5 | | |
| Area staffe/m : | 13.2 | cm ² /m | [Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm ² /m] |

VERIFICHE A TAGLIO

| | |
|------|---|
| Ver | S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata |
| Ved | Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta) |
| Vrd | Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC] |
| Vcd | Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC] |
| Vwd | Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC] |
| bw z | Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro Braccio coppia interna |
| Ctg | Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato |
| Acw | Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione |
| Ast | Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm ² /m] |

| N°Comb | Ver | Ved | Vcd | Vwd | bw z | Ctg | Acw | Ast |
|--------|-----|---------|---------|--------|-------------|-------|-------|------|
| 1 | S | -235.84 | 709.73 | 279.71 | 100.0 21.7 | 2.500 | 1.008 | 11.1 |
| 2 | S | 0.00 | 1030.23 | 111.84 | 100.0 21.7 | 1.000 | 1.009 | 0.0 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 43 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| | |
|---------|--|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| Sc max | Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa] |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O) |
| Sc min | Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa] |
| Yc min | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O) |
| Sf min | Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa] |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O) |
| Dw Eff. | Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre |
| Ac eff. | Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.) |
| As eff. | Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.) |
| D barre | Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\emptyset/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2) |

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 7.64 | 30.0 | 0.00 | 21.2 | -197.4 | 24.0 | 7.1 | 706 | 19.0 | 22.0 |
| 2 | S | 7.04 | 0.0 | 0.00 | 8.8 | -181.0 | 6.0 | 7.1 | 705 | 19.0 | 22.0 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| | |
|---------|---|
| Ver | Esito verifica |
| e1 | Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata |
| e2 | Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata |
| K2 | = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC |
| Kt | fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2 |
| e sm | Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es |
| srm | Distanza massima in mm tra le fessure |
| wk | Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite. |
| M fess. | Momento di prima fessurazione [kNm] |

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00138 | 0.00057 | 0.50 | 0.60 | 0.000592 (0.000592) | 306 | 0.181 (0.20) | 57.15 |
| 2 | S | -0.00126 | 0.00053 | 0.50 | 0.60 | 0.000543 (0.000543) | 305 | 0.166 (0.20) | -57.29 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 2.27 | 30.0 | 0.00 | 20.8 | -54.8 | 24.0 | 6.9 | 694 | 19.0 | 22.0 |
| 2 | S | 4.08 | 0.0 | 0.00 | 8.9 | -103.2 | 6.0 | 7.0 | 703 | 19.0 | 22.0 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| 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 | | | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 44 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00038 | 0.00017 | 0.50 | 0.60 | 0.000164 (0.000164) | 303 | 0.050 (0.20) | 58.87 |
| 2 | S | -0.00072 | 0.00030 | 0.50 | 0.60 | 0.000310 (0.000310) | 305 | 0.094 (0.20) | -57.61 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 0.75 | 30.0 | 0.00 | 19.3 | -14.1 | 24.0 | 6.5 | 646 | 19.0 | 22.0 |
| 2 | S | 0.79 | 0.0 | 0.00 | 11.4 | -15.6 | 6.0 | 6.5 | 653 | 19.0 | 22.0 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00010 | 0.00006 | 0.50 | 0.40 | 0.000042 (0.000042) | 294 | 0.012 (0.20) | 65.45 |
| 2 | S | -0.00011 | 0.00006 | 0.50 | 0.40 | 0.000047 (0.000047) | 295 | 0.014 (0.20) | -64.23 |

9.3 VERIFICA PIEDRITTI

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|----------------|---------------------------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resistenza compress. di progetto fcd: | 18.80 MPa |
| | Resistenza compress. ridotta fcd': | 9.400 MPa |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33643.0 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.100 MPa |
| | Coeff.Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 18.260 MPa |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 18.260 MPa |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA  CONDIZIONE STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. | MANDANTI  | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| | | NI15 - Relazione di calcolo tombino | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC CL | OPERA 7 DISCIPLINA NI 15 00 | | | PROGR 001 |

Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 13.280 MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. a snervamento fyk: 450.00 MPa
Resist. caratt. a rottura ftk: 450.00 MPa
Resist. a snerv. di progetto fyd: 391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd: 391.30 MPa
Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
Modulo Elastico Ef: 200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.: Bilineare finito
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
Comb.Rare - Sf Limite: 337.50 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm
Altezza: 30.0 cm
Barre inferiori: 5Ø20 (15.7 cm²)
Barre superiori: 5Ø20 (15.7 cm²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre): 7.2 cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre): 7.2 cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre): 7.2 cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT Momento torcente [kN m]

| N°Comb. | N | Mx | Vy | MT |
|---------|--------|---------|---------|------|
| 1 | 100.83 | -112.12 | -108.37 | 0.00 |
| 2 | 222.10 | 106.03 | -83.78 | 0.00 |
| 3 | 75.72 | 55.77 | 0.00 | 0.00 |

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 46 |

Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|--------|------|
| 1 | -81.76 | 0.00 |
| 2 | 76.98 | 0.00 |
| 3 | 39.86 | 0.00 |

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|--------|-----------------|
| 1 | 131.51 | -30.59 (-66.31) |
| 2 | 132.77 | 28.62 (67.73) |
| 3 | 17.36 | 1.98 (91.52) |

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|-------|----------------|
| 1 | 29.60 | -8.71 (-62.83) |
| 2 | 29.60 | 8.71 (62.83) |
| 3 | 20.66 | 0.60 (0.00) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | | |
|--|------|-------------------------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 6.2 | cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 13.6 | cm |
| Interferro massimo barre longitudinali: | 21.4 | cm [deve essere < 30.0] |
| Copriferro netto minimo staffe: | 5.4 | cm |

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| <p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p>  | <p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|------------|----------|-----------|-----|--------|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| <p>NI15 - Relazione di calcolo tombino</p> | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LI0B</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">NI</td> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">47</td> </tr> </table> | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 47 |
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 47 | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|----------|--|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| N | Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione) |
| Mx | Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico |
| N Ult | Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.) |
| Mx rd | Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| Yn | Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez. |
| As Tot. | Area complessiva armature long. pilastro [cm ²]. (tra parentesi l'area minima di normativa) |

| N°Comb | Ver | N | Mx | N rd | Mx rd | Mis.Sic. | Yn | x/d | C.Rid. | As Tot. |
|--------|-----|--------|---------|--------|---------|----------|------|-----|--------|------------|
| 1 | S | 100.83 | -112.12 | 100.53 | -146.87 | 1.310 | 6.1 | --- | --- | 31.4 (9.0) |
| 2 | S | 222.10 | 106.03 | 222.18 | 157.40 | 1.484 | 23.6 | --- | --- | 31.4 (9.0) |
| 3 | S | 75.72 | 55.77 | 75.44 | 144.68 | 2.594 | 24.0 | --- | --- | 31.4 (9.0) |

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| | |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione) |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|---------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.00350 | 0.0 | -0.00066 | 7.2 | -0.00968 | 22.8 |
| 2 | 0.00350 | 30.0 | -0.00044 | 22.8 | -0.00897 | 7.2 |
| 3 | 0.00350 | 30.0 | -0.00071 | 22.8 | -0.00983 | 7.2 |

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

| | | | |
|------------------|------|--------------------|---|
| Diametro staffe: | 8 | mm | |
| Passo staffe: | 19.1 | cm | [Passo massimo di normativa = 24.0 cm] |
| N.Bracci staffe: | 5 | | |
| Area staffe/m : | 13.2 | cm ² /m | [Area Staffe Minima NTC = 2.4 cm ² /m] |

VERIFICHE A TAGLIO

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| NI15 - Relazione di calcolo tombino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | CL | NI | 15 | 00 | 001 | B | 48 |

| | |
|------|---|
| Ver | S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata |
| Ved | Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta) |
| Vrd | Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC] |
| Vcd | Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC] |
| Vwd | Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC] |
| bw z | Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro Braccio coppia interna |
| Ctg | Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato |
| Acw | Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione |
| Ast | Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm ² /m] |

| N°Comb | Ver | Ved | Vcd | Vwd | bw z | Ctg | Acw | ASt |
|--------|-----|---------|--------|--------|------------|-------|-------|-----|
| 1 | S | -108.37 | 672.32 | 262.30 | 100.0 20.4 | 2.500 | 1.018 | 5.4 |
| 2 | S | -83.78 | 681.91 | 260.54 | 100.0 20.2 | 2.500 | 1.039 | 4.2 |
| 3 | S | 0.00 | 971.90 | 105.06 | 100.0 20.4 | 1.000 | 1.013 | 0.0 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| | |
|---------|--|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| Sc max | Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]) |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O) |
| Sc min | Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]) |
| Yc min | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O) |
| Sf min | Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa] |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O) |
| Dw Eff. | Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre |
| Ac eff. | Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.) |
| As eff. | Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.) |
| D barre | Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2) |

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 0.00 | 30.0 | 0.00 | 0.0 | -26.0 | 22.8 | 30.0 | 3000 | 31.4 | 21.4 |
| 2 | S | 0.22 | 30.0 | 0.22 | 0.0 | 3.3 | 22.8 | 0.0 | 720 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | S | 0.11 | 30.0 | 0.11 | 0.0 | 1.7 | 22.8 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0.0 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| | |
|-----|--|
| Ver | Esito verifica |
| e1 | Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata |
| e2 | Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata |
| K2 | = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC |
| Kt | fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2 |

