

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

RADDOPPIO TRATTA FIUME TORTO – LERCARA DIRAMAZIONE LOTTO 1 + 2

SINGOLE OPERE DI LINEA

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286

Relazione di calcolo tombino Ø1500

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.
RS3Z 00 D 26 CL IN5000 001 B

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato | Data |
|------|------------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|---|------|
| A | EMISSIONE ESECUTIVA | C. INTEGRA | Gennaio 2020 | M.SALLEOLINI | Gennaio 2020 | A. BARRECA | Gennaio 2020 | F. MAGGIORANI Dir. Inf. Francesco Salsani Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 25372/Str. | 2020 |
| B | 1° AGG. A CONSEGNA CSLLPP | C. INTEGRA | Maggio 2020 | M.SALLEOLINI | Maggio 2020 | A. BARRECA | Maggio 2020 | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

File: RS3Z00D26CLIN5000001B

n. Elab.:

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSA | 3 |
| 2. DESCRIZIONE..... | 5 |
| 3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 7 |
| 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 8 |
| 5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI..... | 10 |
| 5.1 Profondità della falda..... | 10 |
| 6. ANALISI DEI CARICHI | 11 |
| 6.1 Pesì propri..... | 11 |
| 6.2 Permanenti non strutturali..... | 11 |
| 6.3 Carichi mobili (traffico ferroviario)..... | 12 |
| 6.4 Azione di avviamento / frenatura | 15 |
| 6.5 Azione di serpeggio | 15 |
| 6.6 Azione del sisma..... | 15 |
| 6.7 Ritiro del calcestruzzo | 18 |
| 6.8 Variazione termica..... | 18 |
| 6.9 Spinta statica del terreno..... | 18 |
| 6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale | 19 |
| 6.11 Incremento di Spinta in condizione sismiche | 19 |
| 7. COMBINAZIONE DEI CARICHI..... | 20 |
| 8. VERIFICHE STRUTTURALI | 22 |
| 8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione..... | 22 |
| 8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio..... | 22 |
| 8.3 Verifica agli stati limite d’esercizio..... | 24 |
| 9. ANALISI STRUTTURALE | 25 |
| 9.1 Modellazione strutturale : Scatolare | 25 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 9.2 | Analisi dei carichi | 28 |
| 9.3 | Combinazioni..... | 31 |
| 9.4 | Sollecitazioni | 34 |
| 9.5 | Verifiche strutturali..... | 38 |
| 9.5.1 | Verifica piedritti | 38 |
| 9.5.2 | Verifica soletta superiore..... | 44 |
| 9.5.3 | Verifica soletta inferiore..... | 50 |
| 10. | INCIDENZA SCATOLARE | 56 |
| 11. | DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2) | 57 |
| 11.1 | Tipo di analisi svolte..... | 57 |
| 11.2 | Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo..... | 57 |
| 11.3 | Giudizio motivato di accettabilità dei risultati..... | 57 |



**PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA
DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2**

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|---------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 3 di 59 |

1. PREMESSA

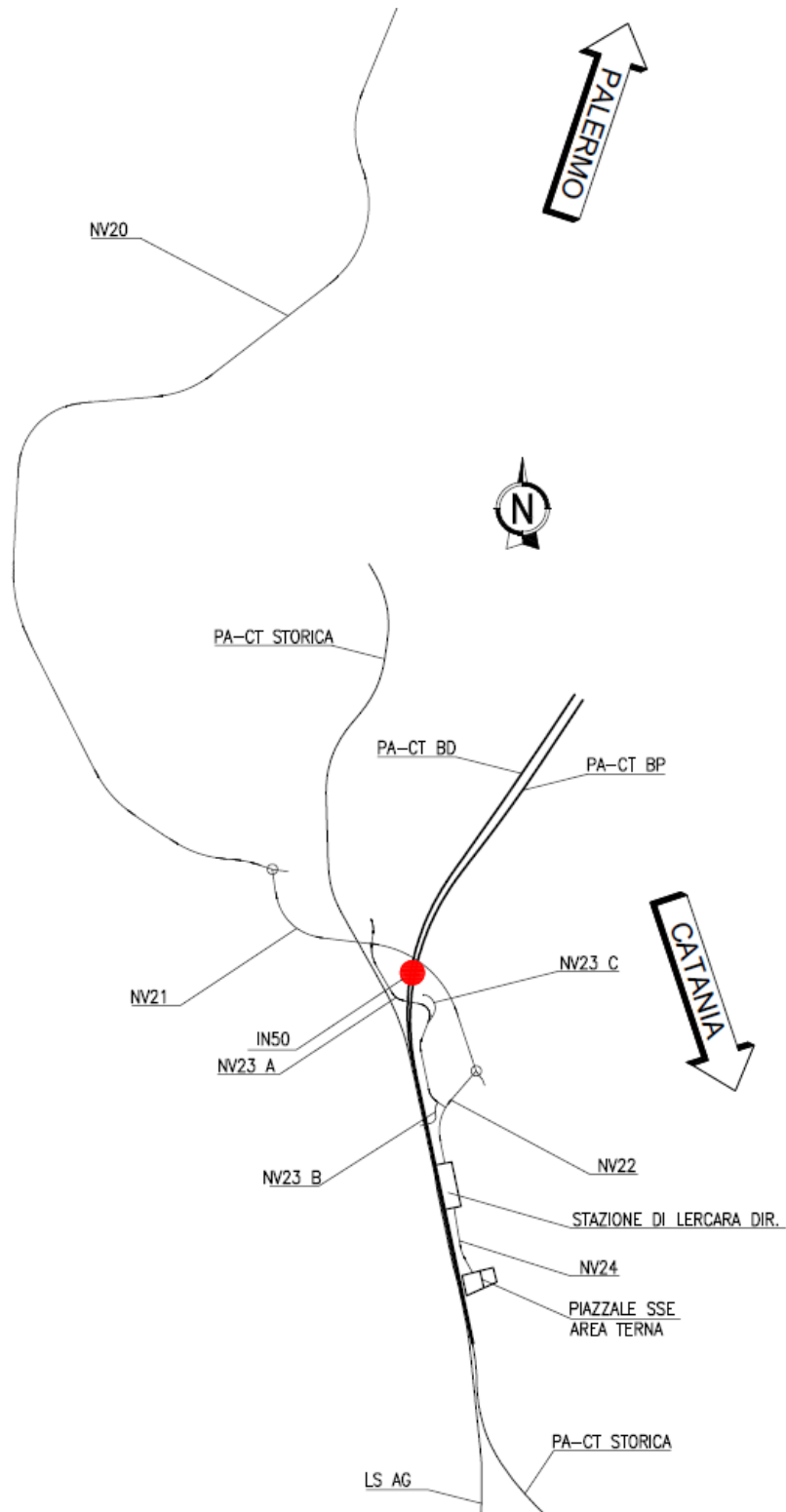
Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva del collegamento Palermo-Catania, raddoppio tratta Fiumetorto-Lercara Diramazione, appartenente alla Direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo.

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale del tombino circolare IN50 alla progr. 28+286 avente diametro interno pari a $\varnothing 1500$.

Segue l'ubicazione dell'opera.

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|---------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 4 di 59 |



2. DESCRIZIONE

La presente relazione ha per oggetto la verifica della sezione trasversale dell'opera scatolare, utilizzabile per attraversamenti ferroviari, avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

| Geometria del tombino | | | |
|--------------------------------------|------|-----------|---|
| Larghezza totale | Ltot | 2.40 | m |
| Altezza totale | Htot | 2.40 | m |
| Spessore min./max. soletta superiore | ss | 0.30/0.76 | m |
| Spessore min./max. piedritti | sp | 0.30/0.76 | m |
| Spessore min./max. soletta inferiore | sf | 0.30/0.76 | m |
| Diametro interno | Dint | 1.5 | m |

Si riporta, di seguito, la sezione trasversale della struttura.

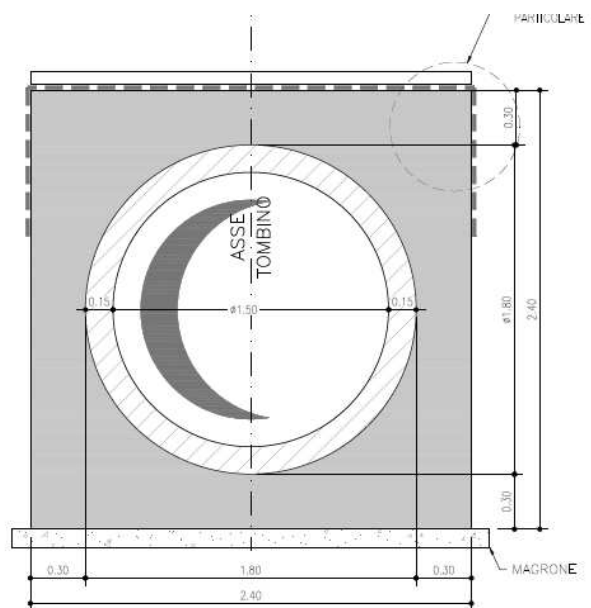


Figura 2.1– Sezione trasversale tombino idraulico

Il tombino presenta un ricoprimento di circa 1.68 m in asse binario di progetto.

La struttura sarà realizzata in c.a. gettato in opera senza giunti intermedi.



PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA
DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|---------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 6 di 59 |

| Geometria del Ricoprimento | | | |
|-----------------------------------|-----|------|---|
| Ballast+Armamento | Hb | 0.85 | m |
| Ricoprimento | Hsc | 1.63 | m |
| Imperm. più massetto cls sp. 5 cm | Hr | 0.05 | m |

Si trascura a favore di sicurezza la presenza del riempimento interno.

|  | PROGETTO DEFINITIVO DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2 | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------|-------------|-----------|-----------|------|--------|------|----|------|-------------|---|---------|
| IN50 – Nuovo tombino al km 28+286 <i>Relazione di calcolo tombino Ø1500</i> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3Z</td> <td>00</td> <td>D 26</td> <td>CLIN5000001</td> <td>B</td> <td>7 di 59</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 7 di 59 |
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 7 di 59 | | | | | | | | |

3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono stati condotti nel rispetto delle seguenti normative:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l’applicazione dell’“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: “Manuale di progettazione delle opere civili” del 22/12/2017.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture

Riferimenti STI:

- 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;

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

MAGRONE - C12/15

| Descrizione | Simbolo | Formula | Unità di misura | Valore |
|----------------------------------|----------|---------|-------------------|--------|
| Resistenza cubica a compressione | R_{ck} | | N/mm ² | 15 |
| Contenuto minimo cemento | | | kg/m ³ | 150 |

CALCESTRUZZO CLASSE 30/37

| Descrizione | Simbolo | Formula | Unità di misura | Valore |
|---|------------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|
| Resistenza cubica a compressione | R_{ck} | | N/mm ² | 37.0 |
| Resistenza cilindrica a compressione | f_{ck} | $0.83 * R_{ck}$ | N/mm ² | 30.7 |
| Resistenza cilindrica media a compressione | f_{cm} | $f_{ck}+8$ | N/mm ² | 38.7 |
| Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli | $\alpha_{cc} (t>28gg)$ | | - | 0.85 |
| Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo | γ_c | | - | 1.5 |
| Resistenza di calcolo a compressione | f_{cd} | $(\alpha_{cc} * f_{ck}) / \gamma_c$ | N/mm ² | 17.4 |
| Resistenza cilindrica media a trazione | f_{ctm} | $0.3 * (f_{ck})^{2/3}$ | N/mm ² | 2.9 |
| Resistenza cilindrica media a trazione | f_{ctk} | $0.7 * f_{ctm}$ | N/mm ² | 2.1 |
| Resistenza di calcolo a trazione | f_{ctd} | f_{ctk} / γ_c | N/mm ² | 1.4 |
| Resistenza media a trazione per flessione | f_{cfm} | $1.2 * f_{ctm}$ | N/mm ² | 3.5 |
| Resistenza cilindrica caratteristica a trazione | f_{ctk} | $0.7 * f_{ctm}$ | N/mm ² | 2.5 |
| Modulo elastico | E_{cm} | $22000 * (f_{cm} / 10)^{0.3}$ | N/mm ² | 33019 |
| Peso proprio | γ_c | | N/m ³ | 25000 |
| Coefficiente di Poisson | ν | | - | 0.2 |
| Coefficiente di aderenza | η | | - | 1.0 |
| Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza | f_{bk} | $2.25 * \eta * f_{ctk}$ | N/mm ² | 4.6 |
| Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo | f_{bd} | f_{bk} / γ_c | N/mm ² | 3.1 |

Acciaio ad aderenza migliorata B450C

| Descrizione | Simbolo | Formula | Unità di misura | Valore |
|---|-------------|---------------------|-------------------|--------|
| Resistenza caratteristica di rottura | $f_{t nom}$ | | N/mm ² | 540 |
| Resistenza caratteristica a snervamento | $f_{y nom}$ | | N/mm ² | 450 |
| Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio | γ_s | | - | 1.15 |
| Resistenza di calcolo | f_{yd} | f_{yk} / γ_s | N/mm ² | 391.3 |
| Modulo elastico | E_s | | N/mm ² | 206000 |
| Tensioni di progetto del cls allo S.L.E. | | | | |
| Tensione massima di esercizio per l'acciaio | σ_s | $0.75 * f_{yk}$ | N/mm ² | 337.5 |

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato nella tabella C4.1.IV della Circolare 21.01.2019, riportata di seguito, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC.

| | | | barre da c.a. elementi a piastra | | barre da c.a. altri elementi | | cavi da c.a.p elementi a piastra | | cavi da c.a.p altri elementi | |
|--------|--------|------------|-------------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|
| Cmin | Co | ambiente | C≥Co | Cmin≤C<Co | C≥Co | Cmin≤C<Co | C≥Co | Cmin≤C<Co | C≥Co | Cmin≤C<Co |
| C25/30 | C35/45 | ordinario | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 | 30 | 30 | 35 |
| C30/37 | C40/50 | aggressivo | 25 | 30 | 30 | 35 | 35 | 40 | 40 | 45 |
| C35/45 | C45/55 | molto ag. | 35 | 40 | 40 | 45 | 45 | 50 | 50 | 50 |

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

Classe di esposizione: XA1

Copriferro di progetto: 50 mm

Condizioni ambientali: Aggressive

L'apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica RARA per gli SLE dovrà risultare:

- $\delta_f \leq w_1$ per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 17.01.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta_f \leq w_2$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 17.01.2018.

Con δ_f apertura delle fessure e w_1 valore limite dell'apertura delle fessure.

$w_1 = 0.2$ mm

$w_2 = 0.3$ mm

$w_3 = 0.4$ mm

5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Gli elaborati di riferimento sono:

| GEOTECNICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Relazione geotecnica generale linea ferroviaria | | | | | | | | | | | | | | | | | | R | S | 3 | Z | 0 | 0 | D | 2 | 6 | G | E | O | C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Profilo longitudinale geotecnico linea ferroviaria - Tav. 1/2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | R | S | 3 | Z | 0 | 0 | D | 2 | 6 | F | 7 | O | C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Profilo longitudinale geotecnico linea ferroviaria - Tav. 2/2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | R | S | 3 | Z | 0 | 0 | D | 2 | 6 | F | 7 | O | C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |

Sulla base delle indagini svolte, sintetizzate nei profili geotecnici lungo linea, in corrispondenza della progressiva si evince la seguente stratigrafia:

Terreno di fondazione

| ZONA | SONDAGGIO DI RIFERIMENTO | PROFONDITA' | UNITA' TERRENO | γ_{sat} [kN/m ³] | ϕ [°] | | | Cu [kPa] | | | c' [kPa] | Vs [m/s] | | | Vs,eq [m/s] | Categoria di sottosuolo | G ₀ [MPa] | | | E _i /E _u [MPa] | | E _i [MPa] |
|------|--------------------------|--------------|----------------|-------------------------------------|------------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|----------|-----|----------|-------------|-------------------------|----------------------|-----|----------|--------------------------------------|----------|----------------------|
| | | | | | max | min | di prog. | max | min | di prog. | di prog. | max | min | di prog. | | | max | min | di prog. | di prog. | di prog. | |
| 2 | 2SNV02 2SNV03 | da 0 a 6m | C sup | 21 | 35 | 24 | 30 | 350 | 7 | 80 | 27 | 489 | 129 | 324 | 460 | B | 488 | 34 | 70 | 64 | 61 | |
| | | da 6 a 12m | C sup | 21 | 35 | 24 | 30 | 350 | 7 | 150 | 27 | 489 | 129 | 324 | 460 | B | 488 | 34 | 100 | 120 | 87 | |
| | | da 12 a 18m | C sup | 21 | 35 | 24 | 30 | 350 | 7 | 280 | 27 | 489 | 129 | 324 | 460 | B | 488 | 34 | 180 | 224 | 156 | |
| | | da 18 a 24m | Sa,2 | 21 | 35 | 21 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 385 | 226 | 338 | 460 | B | 302 | 104 | 200 | 173 | 173 | |
| | | da 24 in poi | C inf | 22 | 35 | 24 | 25 | 350 | 7 | 280 | 30 | 489 | 129 | 324 | 460 | B | 488 | 34 | 220 | 224 | 191 | |

5.1 Profondità della falda

Ai fini dell'analisi dell'opera non si è considerata la presenza della falda idrica in quanto il livello di falda è posto al di sotto del piano di fondazione dell'opera.

6. ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari che agiscono sulla struttura in oggetto. Tali azioni sono definite secondo le normative e sono utilizzate per la generazione delle combinazioni di carico nell'ambito delle verifiche di resistenza, in esercizio e in presenza dell'evento sismico. Tutti i carichi elementari si riferiscono a un concio longitudinale di larghezza unitaria, pertanto sono tutti definiti rispetto all'unità di lunghezza.

6.1 Pesì propri

Il peso dei differenti elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato.

- Soletta di copertura;
- Soletta di fondazione;
- Piedritti.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

| | | |
|----------------------|--------------------|---------------------------|
| Calcestruzzo armato: | $\gamma_{c.a.}$ | = 25.00 kN/m ³ |
| Rilevato: | γ_{ril} | = 20.00 kN/m ³ |
| Ballast + armamento: | $\gamma_{ballast}$ | = 18.00 kN/m ³ |

6.2 Permanenti non strutturali

Il peso dei carichi permanenti in copertura è stato calcolato considerando i differenti spessori di ballast e supercompattato, ciascuno per il suo peso dell'unità di volume:

$$q_{pp} = h_b \gamma_b + h_{sc} \gamma_{sc}$$

dove:

- h_b = spessore del ballast;
- γ_b = peso specifico del ballast;
- H_{sc} = spessore del super compattato;
- γ_b = peso specifico del super compattato.

6.3 Carichi mobili (traffico ferroviario)

Per quanto attiene il sovraccarico ferroviario si applica il peggiore tra il carico verticale dovuto al treno SW/2 pari a 150 kN/m x 1 e il carico verticale dovuto al treno LM71 pari a 250 kN / 1.6 m x 1.1 = 172.0 kN/m uniformemente distribuito su una larghezza trasversale di calcolo fino a livello del piano d'asse della soletta di copertura.

Per ponti di categoria A si hanno i seguenti valori del coefficiente di adattamento.

| MODELLO DI CARICO | COEFFICIENTE "α" | |
|-------------------|------------------|----------------|
| | PONTI CAT. "A" | PONTI CAT. "B" |
| LM 71 | 1.1 | 0.83 |
| SW / 0 | 1.1 | 0.83 |
| SW / 2 | 1.0 | 0.83 |

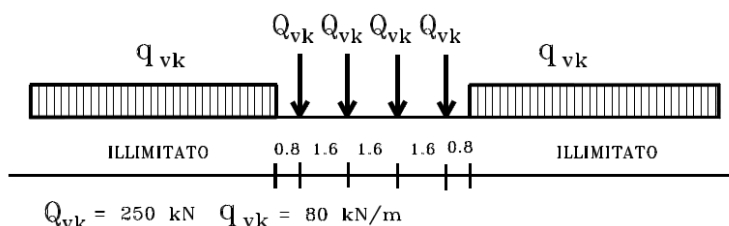
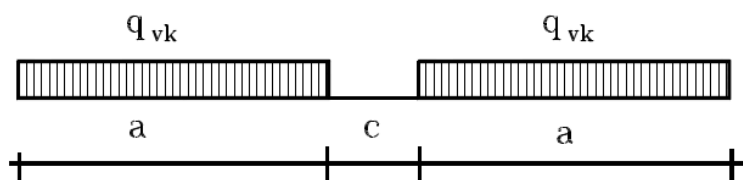


Figura 6.1 – Treno di carico LM71



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

Figura 6.2– Treno di carico SW

Coefficiente di amplificazione dinamica Φ :

Le sollecitazioni e gli spostamenti determinati sulle strutture dall'applicazione statica dei treni di carico debbono essere incrementati per tener conto della natura dinamica del transito dei convogli.

Per linee a ridotto standard manutentivo Φ sarà:

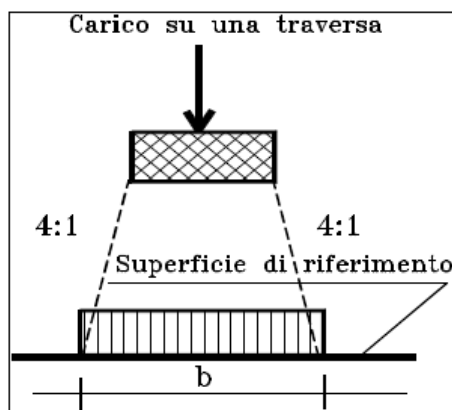
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Dove:

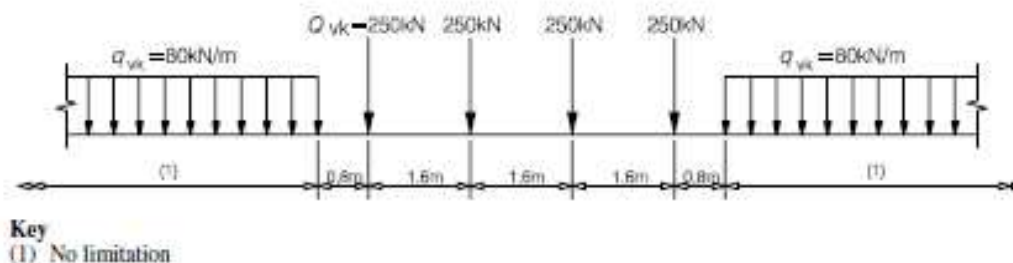
L_Φ rappresenta la lunghezza "caratteristica" in metri.

Determinazione delle larghezze di diffusione dei carichi mobili:

La diffusione dei carichi attraverso ballast avviene con pendenza 4:1, attraverso il ricoprimento con angolo di attrito mentre, nella soletta in cls con pendenza 1:1.



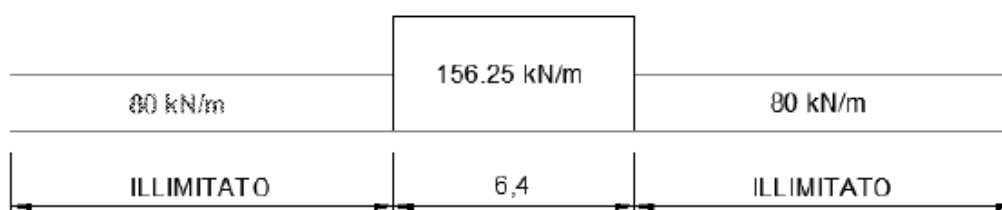
Il modello di carico LM71 citato dalle S.T.I. è definito nella norma EN 1991-2:2003/AC:2010.



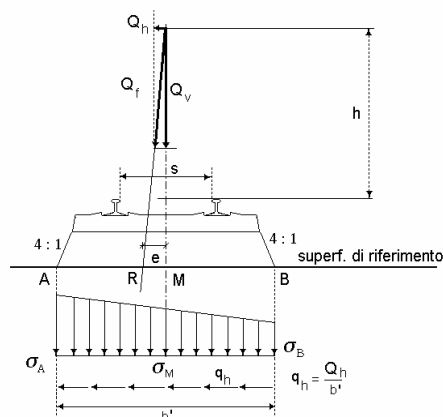
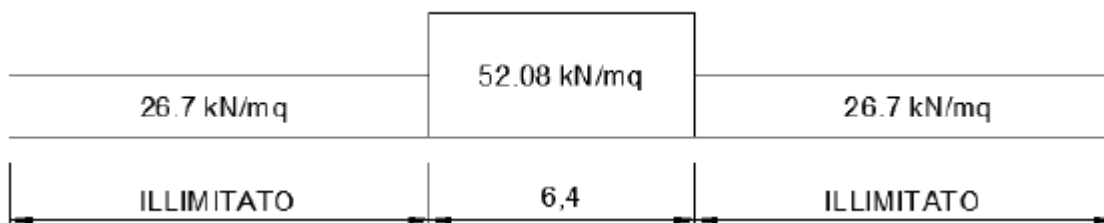
Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la relativa distribuzione longitudinale, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria (convenzionalmente a 70 cm dal piano del ferro) risulta pari a:

$$p = \frac{4 \times 250}{4 \times 1.60} = 156.25 \text{ kN/m}$$



Considerando la distribuzione trasversale dei carichi su una larghezza di 3.0 m secondo quanto previsto da EN 1991 – 2:2003/AC:2010, si ricava il carico equivalente unitario agente alla quota della piattaforma ferroviaria:



6.4 Azione di avviamento / frenatura

Per ogni treno di carico si associano le azioni di avviamento e frenatura agenti sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso. Dette forze si considerano uniformemente distribuite sulla lunghezza di binario.

I valori caratteristici considerati sono i seguenti:

- Avviamento $Q_{1a,k} = 33 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$ per LM71 ed SW2

6.5 Azione di serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilineo che in curva. Il valore caratteristico di tale forza sarà assunto pari a $Q_{sk}=100 \text{ kN}$. Tale valore deve essere moltiplicato per a , (se $a>1$), ma non per il coefficiente F . Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali.

Tale azione viene trascurata in quanto con un modello piano non si possono considerare gli effetti trasversali.

6.6 Azione del sisma

Per tutte le opere d'arte di progetto vengono utilizzati, a vantaggio di sicurezza, i seguenti valori: $V_N=75$ anni e classe d'uso III a cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1.5$.

La vita di riferimento V_R è quindi pari a 112.5 anni.

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso $C_U = 1.5$
- Vita nominale $V_N = 75$ anni
- Categoria di suolo: B
- Condizione topografica: T1
- Fattore di struttura $q = 1$

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

I parametri per la determinazione dei punti dello spettro di risposta orizzontale e verticale sono riportati :

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 13.6057 LATITUDINE: 37.748


Ricerca per comune

REGIONE: Sicilia PROVINCIA: Palermo COMUNE: Lercara Friddi

Elaborazioni grafiche:
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione:
 superficie rigata

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

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica. Con tale azione sismica agente, le forze risultanti trasmesse dall'impalcato al piano appoggi della spalla in corrispondenza della sommità del muro di testata sono riportate al paragrafo successivo, sotto le voci **Ex**, **Ey** ed **Ez**.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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 - $P_{VR} = 81\%$ | <input type="text" value="68"/> |
| SLD - $P_{VR} = 63\%$ | <input type="text" value="113"/> |

Stati limite ultimi - SLU

| | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| SLV - $P_{VR} = 10\%$ | <input type="text" value="1068"/> |
| SLC - $P_{VR} = 5\%$ | <input type="text" value="2193"/> |

Elaborazioni:
 Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

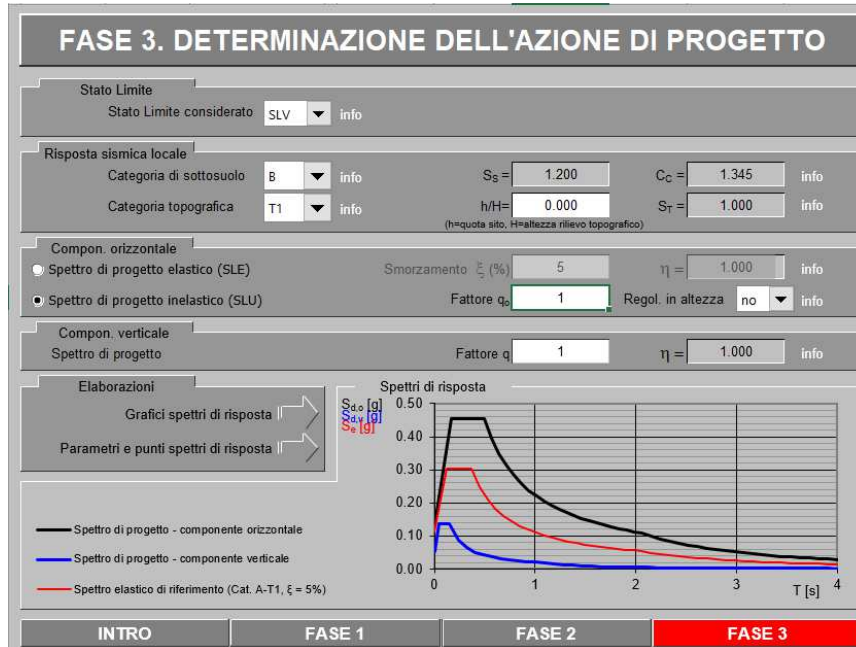
LEGENDA GRAFICO

- - - - - Strategia per costruzioni ordinarie
- - - - - Strategia scelta

Strategia di progettazione



INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3



Di seguito si riporta a titolo di esempio lo **spettro di progetto** per lo **Stato Limite di salvaguardia della Vita SLV** relativamente alle componenti **orizzontali**, con coefficiente di smorzamento strutturale canonico pari al 5%.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo **SLV**

| Parametri indipendenti | |
|------------------------|---------|
| STATO LIMITE | SLV |
| a_s | 0.114 g |
| F_s | 2.652 |
| T_c | 0.266 s |
| S_s | 1.200 |
| C_c | 1.345 |
| S_T | 1.000 |
| q | 0.800 |

| Parametri dipendenti | |
|----------------------|---------|
| S | 1.200 |
| η | 1.250 |
| T_p | 0.164 s |
| T_c | 0.492 s |
| T_D | 2.056 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_s \quad (\text{NTO-09 E4.3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (\xi + 5)} \geq 0.55; \eta = 1/q \quad (\text{NTO-09 E4.3.2.4; 3.2.3.5})$$

$$T_D = T_c / 3 \quad (\text{NTO-07 E4.3.2.4})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTO-07 E4.3.2.7})$$

$$T_D = 4.0 \cdot a_s / g + 1.6 \quad (\text{NTO-07 E4.3.2.4})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTO-09 E4.3.2.4)

$$0 \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E_s \cdot \left[\frac{T}{T_D} + \frac{1}{\eta \cdot E_s} \left(1 - \frac{T}{T_D} \right) \right]$$

$$T_D \leq T < T_c \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E_s$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E_s \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

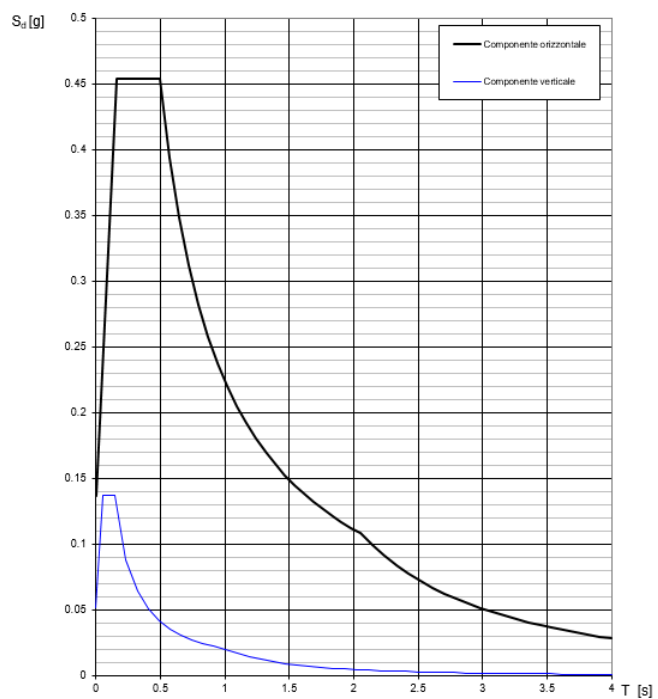
$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E_s \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_s(T)$ per lo Stato Limite Ultimo è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_s(T)$ moltiplicandoli con η , dove q il fattore di struttura. (NTO-09 E4.3.2.5)

Punti dello spettro di risposta

| T [s] | S_s [g] |
|-------|-----------|
| 0.000 | 0.137 |
| 0.164 | 0.453 |
| 0.492 | 0.453 |
| 0.567 | 0.294 |
| 0.641 | 0.348 |
| 0.716 | 0.312 |
| 0.790 | 0.283 |
| 0.865 | 0.258 |
| 0.939 | 0.233 |
| 1.013 | 0.220 |
| 1.088 | 0.205 |
| 1.162 | 0.192 |
| 1.237 | 0.180 |
| 1.311 | 0.170 |
| 1.386 | 0.161 |
| 1.460 | 0.153 |
| 1.535 | 0.146 |
| 1.609 | 0.139 |
| 1.684 | 0.132 |
| 1.758 | 0.127 |
| 1.832 | 0.122 |
| 1.907 | 0.117 |
| 1.982 | 0.113 |
| 2.056 | 0.109 |
| 2.149 | 0.099 |
| 2.241 | 0.091 |
| 2.334 | 0.084 |
| 2.426 | 0.078 |
| 2.519 | 0.072 |
| 2.611 | 0.067 |
| 2.704 | 0.063 |
| 2.797 | 0.059 |
| 2.889 | 0.055 |
| 2.982 | 0.052 |
| 3.074 | 0.049 |
| 3.167 | 0.046 |
| 3.259 | 0.042 |
| 3.352 | 0.041 |
| 3.445 | 0.039 |
| 3.537 | 0.037 |
| 3.630 | 0.035 |
| 3.722 | 0.033 |
| 3.815 | 0.032 |
| 3.907 | 0.030 |
| 4.000 | 0.029 |

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



6.7 Ritiro del calcestruzzo

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati impiegando i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC2018. La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno. Il ritiro è stato applicato mediante una variazione termica equivalente pari a 10°, ed un umidità relativa del 75% a 7 gg.

Il fenomeno del ritiro è stato applicato solo alla soletta di copertura nel caso dello scatolare mentre viene trascurato nel muro.

6.8 Variazione termica

La variazione termica applicata sulla struttura è pari a $\Delta T = +15^{\circ}\text{C}$, con un variazione termica a aggiuntiva a farfalla pari a $\Delta T = +5^{\circ}\text{C}$ applicata sulla soletta di copertura. Per ricoprimenti superiori ad 1,5m non si applica alcuna variazione termica.

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} = 0.00001$$

6.9 Spinta statica del terreno

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta al metro pari a $S = 1/2 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot H^2$, applicata ad 1/3 dal basso.

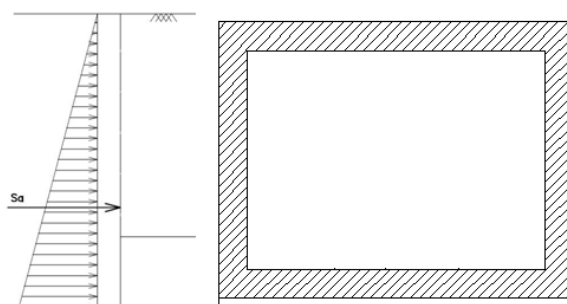


Figura 6.3 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

La spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta a riposo $k_0 = 1 - \sin \varphi'$, dove φ' è l'angolo di attrito assunto. In caso di falda il peso specifico del terreno è stato sostituito da quello efficace.

6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante a tergo, si considera un carico uniformemente distribuito. Il valore della spinta risultante al metro è dunque pari a $S=k_0 \cdot q \cdot H$, con punto di applicazione posizionato a metà dell'altezza dell'elemento su cui insiste.

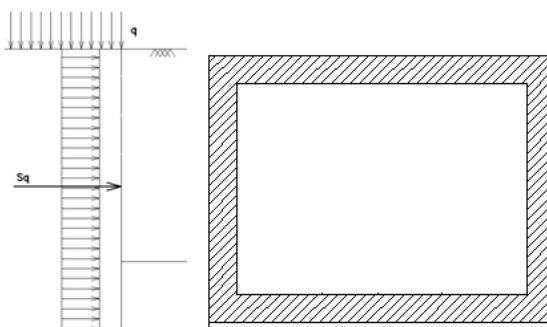


Figura 6.4– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

6.11 Incremento di Spinta in condizione sismiche

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovraspinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una quota pari ad $H/2$.

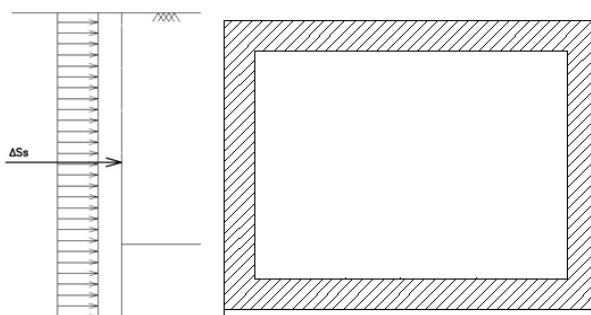


Figura 6.5– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

7. COMBINAZIONE DEI CARICHI

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (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 sismica:

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

combinazione eccezionale:

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

combinazione Rara (SLE irreversibile):

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

combinazione Frequente (SLE reversibile):

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

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

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

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella tabella seguente.

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

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

Tab. 1 – Valutazione dei carichi da traffico

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione ψ delle tabelle seguenti.

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

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

Tab. 2 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, Eccezionali e Sismica

| Azioni | | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|----------------------------|---|---------------------|---------------------|----------|
| Azioni singole da traffico | Carico sul rilevato a tergo delle spalle | 0,80 | 0,50 | 0,0 |
| | Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli | 0,80 | 0,50 | 0,0 |
| Gruppi di carico | gr1 | 0,80 ⁽²⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| | gr2 | 0,80 ⁽²⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | - |
| | gr3 | 0,80 ⁽²⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| | gr4 | 1,00 | 1,00 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| Azioni del vento | F_{Wk} | 0,60 | 0,50 | 0,0 |
| Azioni da neve | in fase di esecuzione | 0,80 | 0,0 | 0,0 |
| | SLU e SLE | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Azioni termiche | T_k | 0,60 | 0,60 | 0,50 |

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

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

Tab. 3 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni

8. VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15.

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali e geotecniche condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-presso-flessione

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione sono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.

8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM17/01/2018, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento i seguenti valori della resistenza di calcolo:

- Resistenza di progetto dell'elemento privo di armatura a taglio:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\}$$

- Resistenza di progetto a “taglio trazione”:

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

- Resistenza di progetto a “taglio compressione”:

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v f_{cd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta)$$

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 23 di 59 |

Nelle espressioni precedenti i simboli hanno i seguenti significati:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ con } d \text{ in mm};$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

A_{sl} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd};$$

N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

$1 \leq \cot \theta \leq 2.5$ è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave

A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;

s è il passo delle staffe;

α è l'angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

v_{fcd} è la resistenza di progetto a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($\nu=0.5$);

$\alpha_c = 1$ coefficiente maggiorativo per membrature non compresse.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|-------------------|--------------------------|-----------|--------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2 | | | | | |
| IN50 – Nuovo tombino al km 28+286 <i>Relazione di calcolo tombino Ø1500</i> | COMMESSA RS3Z | LOTTO 00 | FASE-ENTE D 26 | DOCUMENTO CLIN5000001 | REV. B | FOGLIO 24 di 59 |

8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione.

Nel primo caso, si esegue il controllo delle tensioni nei materiali supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. In particolare si controlla la tensione massima di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, verificando che:

$$\sigma_c < 0.55 f_{ck} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.40 f_{ck} \text{ per combinazione di carico quasi permanente;}$$

$$\sigma_s < 0.75 f_{yk} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara).}$$

Nel secondo caso, si verifica che le aperture delle fessure siano inferiori al valore limite dell'apertura delle fessure nella combinazione caratteristica Rara. I valori nominali di riferimento sono:

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

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

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

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-----------|-------------|-----------|-----------|------|--------|------|----|------|-------------|---|----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2 | | | | | | | | | | | | |
| IN50 – Nuovo tombino al km 28+286 <i>Relazione di calcolo tombino Ø1500</i> | <table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE-ENTE</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RS3Z</td> <td>00</td> <td>D 26</td> <td>CLIN5000001</td> <td>B</td> <td>25 di 59</td> </tr> </table> | COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 25 di 59 |
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 25 di 59 | | | | | | | | |

9. ANALISI STRUTTURALE

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del SAP2000, un Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sugli elementi strutturali al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle Normative di riferimento.

Il calcolo della struttura è stato effettuato considerando una striscia di calcolo pari ad 1m disposta ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare. In caso di obliquità \varnothing dello scatolare rispetto alla linea ferroviaria il calcolo è stato eseguito analizzando sempre una striscia di larghezza unitaria, assumendo però come luce di calcolo quella misurata in parallelo alla linea ferroviaria tra gli assi dei piedritti valutati lungo lo "spessore corrente" ($\text{spessore corrente} = \text{spessore piedritto} / \cos\varnothing$). In tal caso le stesse verifiche di resistenza sono state condotte con riferimento allo spessore corrente.

Convenzione assi

x = asse trasversale dello scatolare

y = asse longitudinale dello scatolare

z = asse verticale dello scatolare

9.1 Modellazione strutturale : Scatolare

Il modello di calcolo attraverso il quale viene discretizzata la struttura è quello di telaio chiuso. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione vengono inserite molle alla Winkler. La geometria e la disposizione degli elementi utilizzati sono indicate nella seguente figura.

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 27 di 59 |

B larghezza della fondazione
L lato maggiore della fondazione
Ct fattore di forma (Bowles, 1960)
Kw coefficiente di sottofondo alla Winkler

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle:

| | | | |
|------------------|----|--|------------|
| Interasse molle | i | $(0.30/2 + 1.80 + 0.30/2) / 10 =$ | 0.21 m |
| Molle centrali | K1 | $2500 \cdot 0.21 =$ | 525 kN/m |
| Molle intermedie | K2 | $1.5 \cdot 2500 \cdot 0.21 =$ | 788 kN/m |
| Molle laterali | K3 | $2.0 \cdot 2500 \cdot (0.21/2 + 0.30/2) =$ | 1 275 kN/m |
| Molle risolto | K4 | - | 0 kN/m |

La rigidezza delle molle in corrispondenza dei piedritti è stata aumentata, seguendo le indicazioni riportate nella letteratura tecnica, al fine di tenere in conto l'irrigidimento apportato dai piedritti al solettone di fondo.

9.2 Analisi dei carichi

Geometria

Caratteristiche materiali e terreno

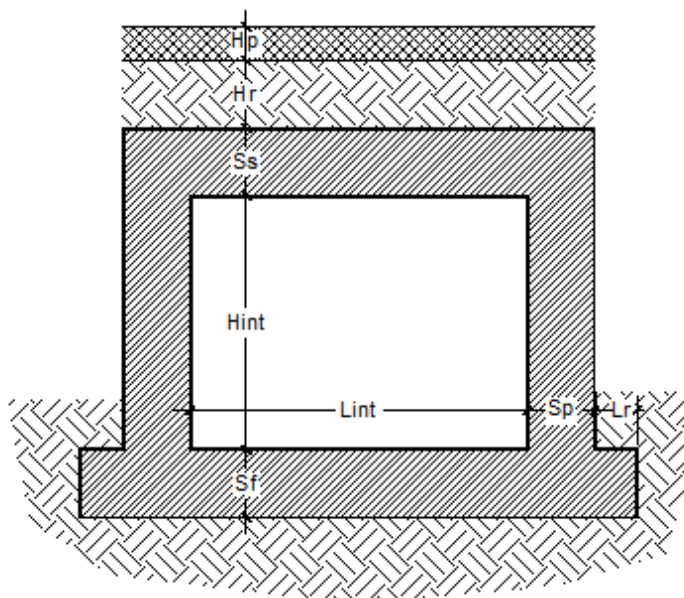
| | | | | |
|---|------------|-------------------|------------|-------------------|
| Calcestruzzo armato - Peso specifico | γ | | 25 | kN/m ³ |
| Calcestruzzo armato - Tipo | | | C30/37 | |
| Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica | R_{ck} | | 37 | N/mm ² |
| Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica | f_{ck} | $0.83 \cdot 37 =$ | 30.7 | N/mm ² |
| Calcestruzzo armato - Modulo elastico | E | | 33000 | N/mm ² |
| Ballast - Peso specifico | γ_b | | 18 | kN/m ³ |
| Terreno del rilevato - Peso specifico | γ | | 20 | kN/m ³ |
| Terreno del rilevato - Angolo di attrito | φ | | 35 | ° |
| Terreno di fondazione | K_w | | 2500 | kN/m ³ |
| Condizioni ambientali per ver. a fessurazione | | | aggressive | |

Ricoprimento

| | | | |
|--------------------------------------|-------|------|---|
| Spessore ballast+armamento | H_b | 0.85 | m |
| Spessore medio traversina+binario | H_t | 0.40 | m |
| Spessore ballast sotto la traversina | | 0.45 | m |
| Spessore del rinterro | H_r | 1.68 | m |

Geometria

| | | | |
|--------------------------------|-----------|------|---|
| Spessore soletta superiore | S_s | 0.30 | m |
| Spessore soletta di fondazione | S_f | 0.30 | m |
| Spessore piedritti | S_p | 0.30 | m |
| Altezza netta | H_{int} | 1.80 | m |
| Larghezza netta | L_{int} | 1.80 | m |
| Lunghezza risvolti sol. inf. | L_r | 0.00 | m |



Tab. 4: Geometria del modello

Azioni elementari applicate

Carichi permanenti (Condizione *PERM*)

| | | | | | |
|----------------------------|----|-------------------|--|--------------|-------------------------|
| Soletta superiore | | | | | |
| Peso ballast | Ps | $0.85 \cdot 18 =$ | | 15.30 | kN/m ² |
| Peso del rinterro | Pr | $1.68 \cdot 20 =$ | | 33.60 | kN/m ² |
| Totale | | | | 48.90 | kN/m² |
| Risvolti soletta inferiore | | | | | |
| Peso ballast | Ps | - | | 0.00 | kN/m ² |
| Peso del rinterro | Pr | - | | 0.00 | kN/m ² |
| Totale | | | | 0.00 | kN/m² |

Carichi accidentali sulla copertura LM71 (Condizioni *ACC-M71* e *ACC-T71*)

| | | | | | |
|--|------------|--|--|--------------|-------------------------|
| Coefficiente dinamico | | | | | |
| Lunghezza caratteristica per coeff. din. | L_{ϕ} | $= 1.3 \cdot 1/3 \cdot (1.95 + 2.10 + 1.95)$ | | 2.60 | m |
| Coefficiente dinamico | Φ_3 | $= 1.35$ se $L_{int} \leq 8$ m e $H_{int} \leq 5$ m | | 1.35 | |
| Qvk | | | | | |
| Coefficiente di adattamento | α | | | 1.10 | |
| Larghezza traversa | Lt | | | 2.40 | m |
| Impronta di carico y | Ld1 | $2.40 + 2 \times (0.45/4 + 1.68 \times \text{TAN}(35^\circ) + 0.30/2) =$ | | 5.28 | m |
| Impronta di carico x | Ld2 | $0.8 + 1.6 + 1.6 + 1.6 + 0.8 =$ | | 6.40 | m |
| Carico Qvk (totale) | | | | 1000 | kN |
| Carico Qvk (ripartito) | | $1.1 \cdot 1.35 \cdot 1000 / (5.28 \cdot 6.40) =$ | | 43.96 | kN/m² |
| qvk | | | | | |
| Carico qvk | | | | 80 | kN/m |
| Carico qvk (ripartito) | | $1.1 \cdot 1.35 \cdot 80 / 5.28 =$ | | 22.51 | kN/m² |

Carichi accidentali sulla copertura SW/2 (Condizioni *ACC-MSW* e *ACC-TSW*)

| | | | | | |
|-----------------------------|----------|-----------------------------------|--|--------------|-------------------------|
| Coefficiente di adattamento | α | | | 1.00 | |
| Carico qvk | | | | 150 | kN/m |
| Carico qvk (ripartito) | | $1 \cdot 1.35 \cdot 150 / 5.28 =$ | | 38.37 | kN/m² |

Per il calcolo della lunghezza caratteristica si fa riferimento a:

Caso 5.3 pag. 41 di 481 Manuale Parte II - Sezione II - Ponti

IN50 - Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 30 di 59 |

Avviamento e frenatura (Condizione *AVV*)

Q1ak (= 33 / Ld1) $33 / 5.28 =$ **6.25 kN/m²**

Azione termica (Condizione *TERM*)

| | | | |
|--|-----------------|---------|------------|
| Variazione termica uniforme | ΔT_U | | 0 ° |
| Variazione termica a farfalla | ΔT_F | | 0 ° |
| Variazione termica uniforme di calcolo | ΔT_{U*} | 0 / 2 = | 0.00 ° |
| Variazione termica a farfalla di calcolo | ΔT_{F*} | 0 / 2 = | 0.00 ° |

Ritiro (Condizione *RITIRO*)

Ritiro applicato alla sol. Superiore ΔT_R **-10** °

Spinta del terreno (Condizioni *SPTSX* e *SPTDX*)

| | | | | |
|---|----|---|--------------|-------------------------|
| K0 | | $1 - \text{sen}(35^\circ) =$ | 0.426 | |
| Spinta alla quota di estradosso sol. sup. | p1 | $0.426 \cdot 48.90 =$ | 20.85 | kN/m ² |
| Spinta in asse sol. sup. | p2 | $0.426 \cdot (48.90 + 20 \cdot 0.30/2) =$ | 22.13 | kN/m² |
| Spinta in asse sol. inf. | p3 | $0.426 \cdot [48.90 + 20 \cdot (0.30+1.80+0.30/2)] =$ | 40.04 | kN/m² |
| Spinta alla quota di intradosso sol. inf. | p4 | $0.426 \cdot [48.90 + 20 \cdot (0.30+1.80+0.30)] =$ | 41.32 | kN/m ² |
| Spinta semispessore sol. sup. | F1 | $(20.85+22.13)/2 \cdot 0.30/2$ | 3.22 | kN/m |
| Spinta semispessore sol. inf. | F2 | $(40.04+41.32)/2 \cdot 0.30/2$ | 6.10 | kN/m |

Spinta del carico accidentale LM71 (Condizioni *SPACCSX* e *SPACCDX*)

Spinta dovuta al q1 $p \quad 0.426 \cdot 1.1 \cdot 1000 / (5.28 \cdot 6.40) =$ **13.89 kN/m²**

Spinta del carico accidentale SW/2 (Condizioni *SPACCSX* e *SPACCDX*)

Spinta dovuta al q1 $p \quad 0.426 \cdot 1 \cdot 150 / (5.28 \cdot 6.40) =$ **1.89 kN/m²**

Sisma orizzontale (Condizione *SISMAH*)

| | | | | |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------------|--------------|------|
| Stato limite | | Salvaguardia della vita - SLU - | SLV | |
| Vita nominale | V_N | | 75 | anni |
| Classe d'uso | | | III | |
| Coefficiente C_U | C_U | | 1.5 | |
| Periodo di riferimento | V_R | | 112.5 | anni |
| Accelerazione orizzontale | a_g/g | | 0.114 | |
| Amplificazione spettrale | F_o | | 2.652 | |
| Categoria sottosuolo | | A, B, C, D, E | B | |
| Coeff. Amplificazione stratigrafica | S_s | | 1.200 | |
| Coeff. Amplificazione topografica | S_t | | 1 | |
| Coefficiente S | S | $=S_s \cdot S_t$ | 1.200 | |
| accelerazione orizzontale max | a_{max}/g | $=a_g/g \cdot S$ | 0.137 | |
| Fattore di struttura | q | | 1.00 | |
| Coeff. sismico orizzontale | k_h | $=a_{max}/g$ | 0.137 | |
| Coeff. sismico verticale | k_v | $= \pm 0.5 \cdot k_h$ | 0.068 | |

Carico accidentale totale gravante sulla cop. $1.1 \cdot 1000 / (5.28 \cdot 6.40) \cdot 2.40 + 1.1 \cdot 80 / 5.28 \cdot 2.40 =$ 118.2 kN/m

Forza orizz. sulla sol. di cop. $F_Hs \quad 0.137 \cdot (0.30 \cdot 25 + 48.90 + 0.2 \cdot 118.2 / 2.10) / 1.00 =$ **9.26 kN/m²**

Forza orizz. sui piedritti $F_Hp \quad 0.137 \cdot (0.30 \cdot 25) / 1.00 =$ **1.03 kN/m²**

Sisma verticale (Condizione *SISMAV*)

Forza vert. sulla sol. di cop. $F_Vs \quad 0.068 \cdot (0.30 \cdot 25 + 48.90 + 0.2 \cdot 118.2 / 2.10) / 1.00 =$ **4.63 kN/m²**

Spinta del terreno in fase sismica (Condizione *SPSDX*)

| | | | |
|---------------------------------|--------------|--|--------------------------------|
| Risultante della spinta sismica | ΔS_E | $= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (H_{int} + S_s + S_f + H_b + H_r)^2 = 0.137 \cdot 20 \cdot 4.93^2$ | 66.5 kN/m |
| Pressione risultante | Δp_E | $= \Delta S_E / H = 66.5 / 2.10$ | 31.67 kN/m ² |

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3Z 00 D 26 CLIN5000001 B 31 di 59

9.3 Combinazioni

| N | PERM | PERM-G2 | ACC-M71 | ACC-T71 | AVV | SPTSX | SPTDX | SPQSX71 | SPQDX71 | TERM | RITIRO | SISMAH | SISMAV | SPSDX | ACC-SW | SPQSXS | SPQDXS |
|-------------|------|---------|---------|---------|------|-------|-------|---------|---------|------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 01 01S1-11M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 0.73 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02 02S1-11T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 0.73 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03 03S1-12M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 0.73 | 1.35 | 1.35 | 1.45 | 1.45 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04 04S1-12T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 0.73 | 1.35 | 1.35 | 1.45 | 1.45 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05 05S1-13M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 0.73 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.45 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06 06S1-13T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 0.73 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.45 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07 07S1-14- | 1.35 | 1.50 | 0 | 0 | 0 | 1.35 | 1.35 | 1.45 | 1.45 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08 08S1-15- | 1.35 | 1.50 | 0 | 0 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.45 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 09 09S1-16S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.73 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.45 | 0 | 0 |
| 10 10S1-17S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.73 | 1.35 | 1.35 | 0.00 | 0.00 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.45 | 1.45 | 1.45 |
| 11 11S1-18S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.73 | 1.00 | 1.35 | 0.00 | 0.00 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.45 | 0 | 1.45 |
| 12 12S1-19S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.00 | 1.35 | 1.35 | 0.00 | 0.00 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 1.45 | 1.45 |
| 13 13S1-20S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.00 | 1.00 | 1.35 | 0.00 | 0.00 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 1.45 |
| 14 14S1-21M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 0.73 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 15S1-21T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 0.73 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 16S1-22M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 0.73 | 1.35 | 1.35 | 1.45 | 1.45 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 17S1-22T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 0.73 | 1.35 | 1.35 | 1.45 | 1.45 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 18S1-23M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 0.73 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.45 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 19S1-23T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 0.73 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.45 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 20S1-24- | 1.35 | 1.50 | 0 | 0 | 0 | 1.35 | 1.35 | 1.45 | 1.45 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 21S1-25- | 1.35 | 1.50 | 0 | 0 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.45 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 22S1-26S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.73 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 0 | 0 |
| 23 23S1-27S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.73 | 1.35 | 1.35 | 0 | 0 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 1.45 | 1.45 |
| 24 24S1-28S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.73 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 0 | 1.45 |
| 25 25S1-29S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.00 | 1.35 | 1.35 | 0 | 0 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 1.45 |
| 26 26S1-30S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.00 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.45 |
| 27 27S1T11M | 1.35 | 1.50 | 1.16 | 0 | 1.16 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 28 28S1T11T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.16 | 1.16 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 29 29S1T12M | 1.35 | 1.50 | 1.16 | 0 | 1.16 | 1.35 | 1.35 | 1.16 | 1.16 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 30 30S1T12T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.16 | 1.16 | 1.35 | 1.35 | 1.16 | 1.16 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 31 31S1T13M | 1.35 | 1.50 | 1.16 | 0 | 1.16 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.16 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 32 32S1T13T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.16 | 1.16 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.16 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 33 33S1T14- | 1.35 | 1.50 | 0 | 0 | 0 | 1.35 | 1.35 | 1.16 | 1.16 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 34 34S1T15- | 1.35 | 1.50 | 0 | 0 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.16 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 35 35S1T16S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.16 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.16 | 0 | 0 |
| 36 36S1T17S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.16 | 1.35 | 1.35 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.16 | 1.16 | 1.16 |
| 37 37S1T18S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.16 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.16 | 0 | 1.16 |
| 38 38S1T19S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 1.16 | 1.16 |
| 39 39S1T20S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 1.16 |
| 40 40S1T21M | 1.35 | 1.50 | 1.16 | 0 | 1.16 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -1.5 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 41 41S1T21T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.16 | 1.16 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -1.5 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 42 42S1T22M | 1.35 | 1.50 | 1.16 | 0 | 1.16 | 1.35 | 1.35 | 1.16 | 1.16 | -1.5 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 43 43S1T22T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.16 | 1.16 | 1.35 | 1.35 | 1.16 | 1.16 | -1.5 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 44 44S1T23M | 1.35 | 1.50 | 1.16 | 0 | 1.16 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.16 | -1.5 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 45 45S1T23T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.16 | 1.16 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.16 | -1.5 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 46 46S1T24- | 1.35 | 1.50 | 0 | 0 | 0 | 1.35 | 1.35 | 1.16 | 1.16 | -1.5 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 47 47S1T25- | 1.35 | 1.50 | 0 | 0 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.16 | -1.5 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 48 48S1T26S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.16 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -1.5 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 1.16 | 0 | 0 |
| 49 49S1T27S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.16 | 1.35 | 1.35 | 0 | 0 | -1.5 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 1.16 | 1.16 | 1.16 |
| 50 50S1T28S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.16 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0 | -1.5 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 1.16 | 0 | 1.16 |
| 51 51S1T29S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0 | 0 | -1.5 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.16 | 1.16 |
| 52 52S1T30S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0 | -1.5 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.16 |
| 53 53S3-11M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 1.45 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 54 54S3-11T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 1.45 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 55 55S3-12M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 1.45 | 1.35 | 1.35 | 1.45 | 1.45 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 56 56S3-12T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 1.45 | 1.35 | 1.35 | 1.45 | 1.45 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 57 57S3-13M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 1.45 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.45 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 58 58S3-13T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 1.45 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.45 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 59 59S3-14S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.45 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 0 | 0 |
| 60 60S3-15S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.45 | 1.35 | 1.35 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 1.45 | 1.45 |
| 61 61S3-16S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.45 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 0 | 1.45 |
| 62 62S3-21M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 1.45 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 63 63S3-21T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 1.45 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 64 64S3-22M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 1.45 | 1.35 | 1.35 | 1.16 | 1.16 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 65 65S3-22T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 1.45 | 1.35 | 1.35 | 1.16 | 1.16 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 66 66S3-23M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 1.45 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.16 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 67 67S3-23T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 1.45 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.16 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3Z 00 D 26 CLIN5000001 B 32 di 59

| N | PERM | PERM-G2 | ACC-M71 | ACC-T71 | AVV | SPTSX | SPTDX | SPOSX71 | SPQDX71 | TERM | RTIRO | SISMAH | SISMAV | SPSDX | ACC-SW | SPOSXSW | SPQDXSW | |
|-----|-----------|---------|---------|---------|-----|-------|-------|---------|---------|------|-------|--------|--------|-------|--------|---------|---------|------|
| 68 | 68S3-24S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.45 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 0 | 0 |
| 69 | 69S3-25S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.45 | 1.35 | 1.35 | 0 | 0 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 1.16 | 1.16 |
| 70 | 70S3-26S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.45 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 0 | 1.16 |
| 71 | 71SSS1-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | 0.5 | 0 | 1 | 0.3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 72 | 72SSS2-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | 0.5 | 0 | 1 | -0.3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 73 | 73SSS3-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | 0.5 | 0 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| 74 | 74SSS4-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | 0.5 | 0 | 0.3 | -1 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| 75 | 75SSS5-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | -0.5 | 1 | 1 | 0.3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 76 | 76SSS6-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | -0.5 | 1 | 1 | -0.3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 77 | 77SSS7-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | -0.5 | 1 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| 78 | 78SSS8-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | -0.5 | 1 | 0.3 | -1 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| 79 | 79SSS9S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 1 | 0.3 | 1 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 80 | 80SSS10S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 1 | -0.3 | 1 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 81 | 81SSS11S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 82 | 82SSS12S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.3 | -1 | 0.3 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 83 | 83SSS13S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 1 | 0.3 | 1 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 84 | 84SSS14S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 1 | -0.3 | 1 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 85 | 85SSS15S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 86 | 86SSS16S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0.3 | -1 | 0.3 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 87 | 87R3-11M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 88 | 88R3-11T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 89 | 89R3-12M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 90 | 90R3-12T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 91 | 91R3-13M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 92 | 92R3-13T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 93 | 93R3-14S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 |
| 94 | 94R3-15S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 95 | 95R3-16S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 |
| 96 | 96R3-21M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 97 | 97R3-21T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 98 | 98R3-22M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 99R3-22T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100 | 100R3-23M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 101 | 101R3-23T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 102 | 102R3-24S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 |
| 103 | 103R3-25S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 104 | 104R3-26S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 |
| 105 | 105R1T11M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 106 | 106R1T11T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 107 | 107R1T12M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 108 | 108R1T12T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 109 | 109R1T13M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 110 | 110R1T13T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 111 | 111R1T14S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 |
| 112 | 112R1T15S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 113 | 113R1T16S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 |
| 114 | 114R1T21M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 115 | 115R1T21T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 116 | 116R1T22M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 117 | 117R1T22T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 118 | 118R1T23M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 119 | 119R1T23T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 120 | 120R1T24S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 |
| 121 | 121R1T25S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 122 | 122R1T26S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 |

dove:

- PERM** : carichi permanenti
- PERM-G2** : carichi permanenti non strutturali
- ACC-M71** : carichi da traffico concentrato LM71 (disposizione per massimizzare il momento)
- ACC-T71** : carichi da traffico concentrato LM71(disposizione per massimizzare il taglio)
- ACC-SW** : carichi da traffico concentrato SW/2
- AVV** : avviamento
- SPTSx** : spinta del terreno sulla parete sx



PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA
DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 33 di 59 |

- SPTDx** : spinta del terreno sulla parete dx
SPQSx71 : spinta del carico accidentale LM71 sulla parete sx
SPQDx71 : spinta del carico accidentale LM71 sulla parete dx
TERM : termica
RITIRO : ritiro
SISMAH : azione sismica
SISDX : incremento sismico della spinta del terreno
SPQSxSW : spinta del carico accidentale SW/2 sulla parete sx
SPQDxSW : spinta del carico accidentale SW/2 sulla parete dx

9.4 Sollecitazioni

Nella successiva figura vengono rappresentate le sezioni dimensionate e verificate dello scatolare.

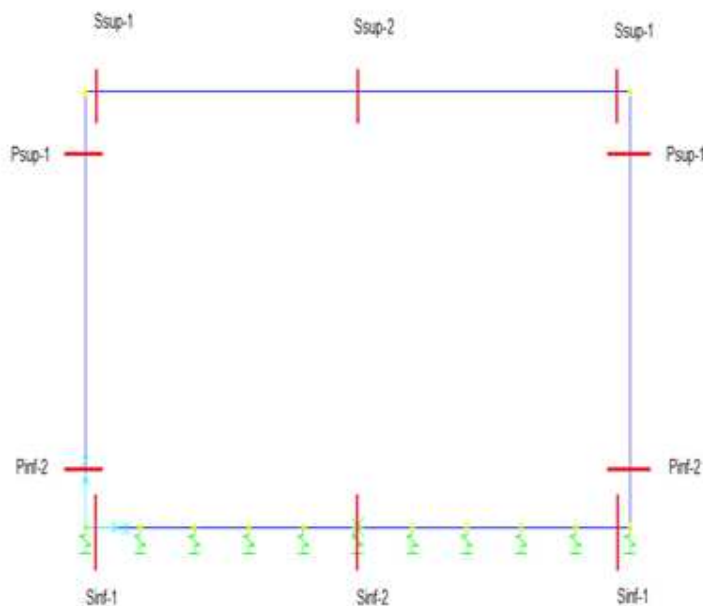


Figura 9.2 - Sezioni di verifica

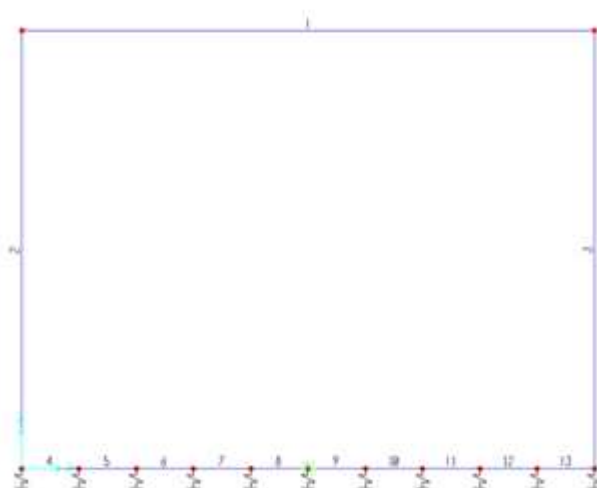


Figura 9.3 - Nomenclatura frame

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 35 di 59 |

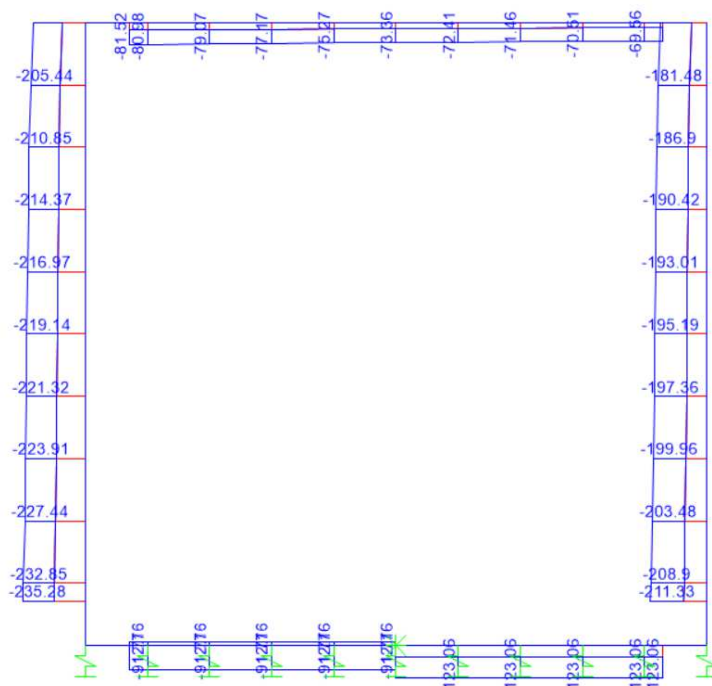


Figura 9.4 - Sforzo Normale – Inviluppo SLU

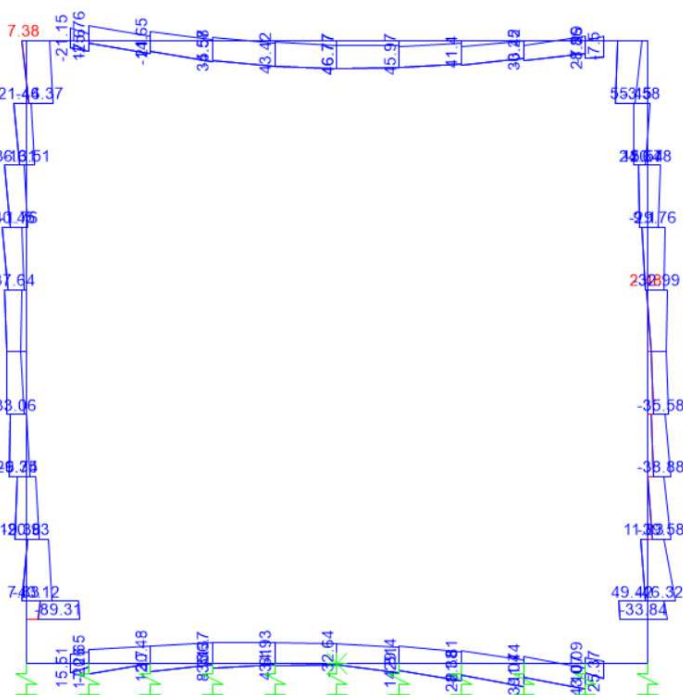


Figura 9.5 - Momento flettente – Inviluppo SLU

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 36 di 59 |

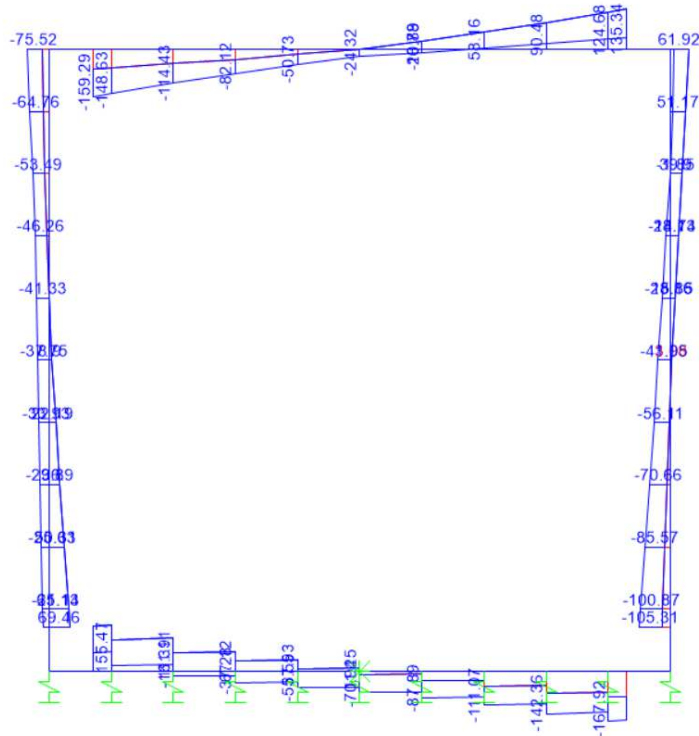


Figura 9.6 - Taglio – Inviluppo SLU

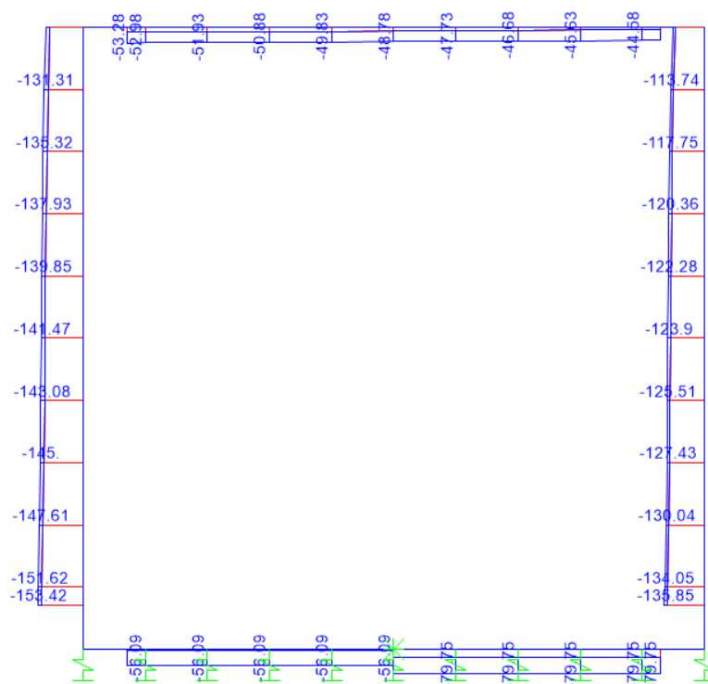


Figura 9.7 - Sforzo Normale – Inviluppo SLE-Rara

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 37 di 59 |

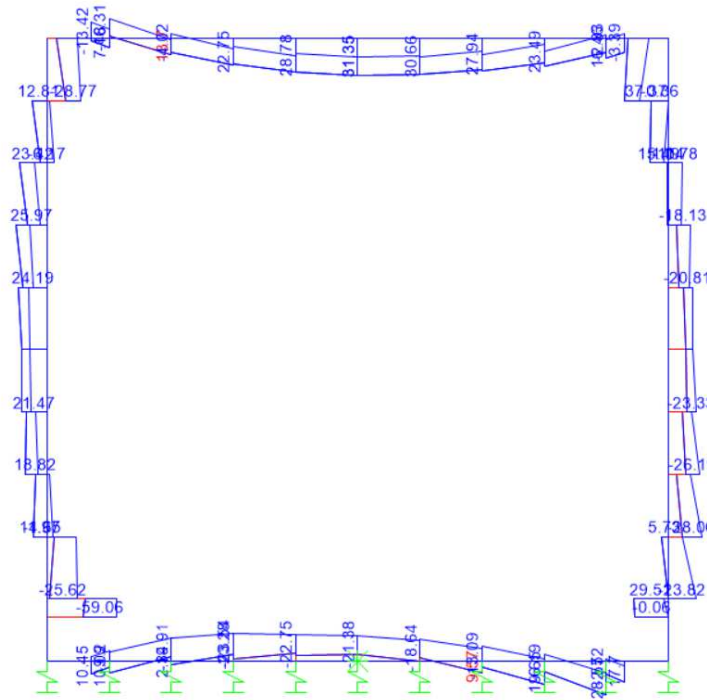


Figura 9.8 - Momento flettente – Inviluppo SLE-Rara

9.5 Verifiche strutturali

9.5.1 Verifica piedritti

- **Sezione di mezzeria (Pied-Mezz): 30.7 x 100 cm**

Armatura a flessione:

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

- **Sezione allo spiccato (Pied.Spicc): 70.6 x 100 cm**

Armatura a flessione:

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

Armatura a taglio:

Non necessarie ai fini del calcolo. Si inseriscono comunque Spille φ 10/40x40 cm.

IN50 - Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 39 di 59 |

• Verifica a pressoflessione spiccato (Pied-Spicc)

| Acciaio | |
|------------------------------|----------------------------------|
| Tensione car. di rottura | $f_{ik} = 540$ N/mm ² |
| Tensione car. di snervamento | $f_{yk} = 450$ N/mm ² |
| Coeff. parziale di sicurezza | $\gamma_s = 1.15$ |
| Resistenza di calcolo | $f_{yd} = 391$ N/mm ² |
| Modulo elastico | $E_s = 200000$ N/mm ² |
| | $\epsilon_{yd} = 0.00196$ |

| Calcestruzzo | |
|--------------|-------------------------|
| Tipo | C30/37 |
| R_{ck} | 37 N/mm ² |
| f_{ck} | 30.71 N/mm ² |
| γ_c | 1.5 |
| f_{cd} | 20.5 N/mm ² |
| f_{cc} | 17.4 N/mm ² |

| | | |
|-------------|----|----|
| copriferro | 50 | mm |
| staffe | 10 | mm |
| armat. sec. | 10 | mm |

| Geometria della sezione | |
|------------------------------------|-----------|
| Altezza geometrica della sezione h | = 76.4 cm |
| Base della sezione b | = 100 cm |
| Copriferro d' | = 7.7 cm |
| Altezza utile della sezione d | = 68.7 cm |

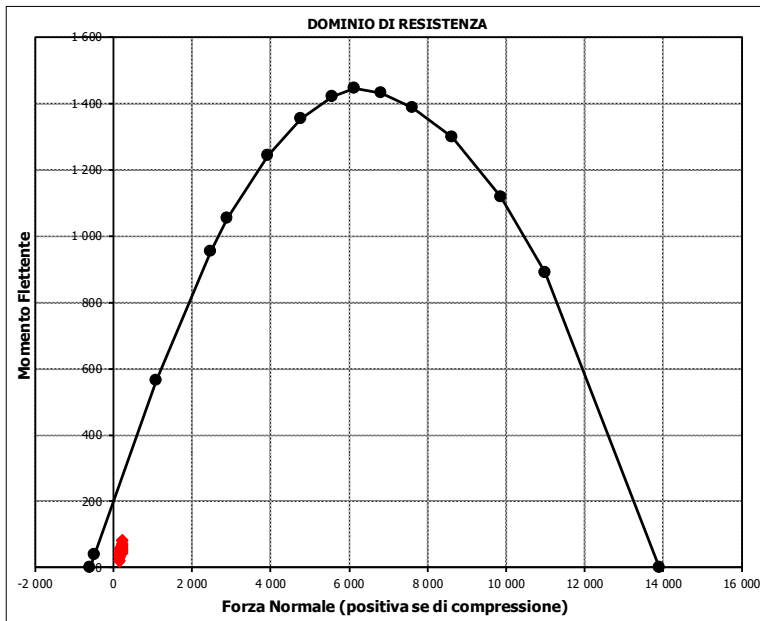
| Armatura tesa | | | |
|---------------|----------|-------------|-----------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 5 | 14 | 7.70 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 7.70 | cm² |

| Armatura compressa | | | |
|--------------------|----------|-------------|-----------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 5 | 14 | 7.70 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 7.70 | cm² |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|------------|-----------|----|
| Comb. | Nsd [kN] | Msd [kNm] | |
| (Nmax) | Fr_26St_57 | 235 | 89 |
| (Nmin) | Fr_26St_82 | 117 | 45 |
| (Mmax) | Fr_26St_57 | 235 | 89 |
| (Mmin) | Fr_26St_2C | 149 | 20 |

Caratteristiche di sollecitazioni

| Comb. | Nsd | Msd | | | |
|----------|-----|-----|----------|-----|----|
| 01S1-11M | 220 | 60 | 53S3-11M | 224 | 66 |
| 02S1-11T | 220 | 60 | 54S3-11T | 224 | 66 |
| 03S1-12M | 220 | 56 | 55S3-12M | 224 | 62 |
| 04S1-12T | 220 | 56 | 56S3-12T | 224 | 62 |
| 05S1-13M | 231 | 83 | 57S3-13M | 235 | 89 |
| 06S1-13T | 231 | 83 | 58S3-13T | 235 | 89 |
| 07S1-14- | 149 | 31 | 59S3-14S | 215 | 63 |
| 08S1-15- | 160 | 58 | 60S3-15S | 215 | 62 |
| 09S1-16S | 211 | 57 | 61S3-16S | 220 | 73 |
| 10S1-17S | 211 | 56 | 62S3-21M | 224 | 55 |
| 11S1-18S | 216 | 67 | 63S3-21T | 224 | 55 |
| 12S1-19S | 149 | 33 | 64S3-22M | 224 | 52 |
| 13S1-20S | 153 | 45 | 65S3-22T | 224 | 52 |
| 14S1-21M | 220 | 49 | 66S3-23M | 234 | 75 |
| 15S1-21T | 220 | 49 | 67S3-23T | 234 | 75 |
| 16S1-22M | 220 | 45 | 68S3-24S | 215 | 53 |
| 17S1-22T | 220 | 45 | 69S3-25S | 215 | 51 |
| 18S1-23M | 231 | 73 | 70S3-26S | 220 | 62 |
| 19S1-23T | 231 | 73 | 71SSS1-- | 139 | 74 |
| 20S1-24- | 149 | 20 | 72SSS2-- | 136 | 73 |
| 21S1-25- | 160 | 48 | 73SSS3-- | 128 | 50 |
| 22S1-26S | 211 | 47 | 74SSS4-- | 119 | 47 |
| 23S1-27S | 211 | 45 | 75SSS5-- | 139 | 66 |
| 24S1-28S | 216 | 56 | 76SSS6-- | 136 | 65 |
| 25S1-29S | 149 | 22 | 77SSS7-- | 128 | 42 |
| 26S1-30S | 153 | 34 | 78SSS8-- | 119 | 39 |
| 27S1T11M | 209 | 60 | 79SSS9S | 136 | 72 |
| 28S1T11T | 209 | 60 | 80SSS10S | 134 | 71 |
| 29S1T12M | 209 | 56 | 81SSS11S | 126 | 48 |
| 30S1T12T | 209 | 56 | 82SSS12S | 117 | 45 |
| 31S1T13M | 219 | 80 | 83SSS13S | 136 | 64 |
| 32S1T13T | 219 | 80 | 84SSS14S | 134 | 63 |
| 33S1T14- | 149 | 31 | 85SSS15S | 126 | 40 |
| 34S1T15- | 158 | 55 | 86SSS16S | 117 | 37 |
| 35S1T16S | 202 | 58 | | | |
| 36S1T17S | 202 | 56 | | | |
| 37S1T18S | 206 | 67 | | | |
| 38S1T19S | 149 | 33 | | | |
| 39S1T20S | 153 | 44 | | | |
| 40S1T21M | 209 | 49 | | | |
| 41S1T21T | 209 | 49 | | | |
| 42S1T22M | 209 | 45 | | | |
| 43S1T22T | 209 | 45 | | | |
| 44S1T23M | 219 | 69 | | | |
| 45S1T23T | 219 | 69 | | | |
| 46S1T24- | 149 | 21 | | | |
| 47S1T25- | 158 | 44 | | | |
| 48S1T26S | 202 | 47 | | | |
| 49S1T27S | 202 | 45 | | | |
| 50S1T28S | 206 | 56 | | | |
| 51S1T29S | 149 | 22 | | | |
| 52S1T30S | 153 | 33 | | | |



IN50 - Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 40 di 59 |

• Verifica a pressoflessione mezzeria (Pied-Mezz)

| Acciaio | |
|------------------------------|----------------------------------|
| Tensione car. di rottura | $f_{tk} = 540$ N/mm ² |
| Tensione car. di snervamento | $f_{yk} = 450$ N/mm ² |
| Coeff. parziale di sicurezza | $\gamma_s = 1.15$ |
| Resistenza di calcolo | $f_{yd} = 391$ N/mm ² |
| Modulo elastico | $E_s = 200000$ N/mm ² |
| | $\epsilon_{yd} = 0.00196$ |

| Calcestruzzo | |
|--------------|-------------------------|
| Tipo | C30/37 |
| R_{ck} | 37 N/mm ² |
| f_{ck} | 30.71 N/mm ² |
| γ_c | 1.5 |
| f_{cd} | 20.5 N/mm ² |
| f_{cc} | 17.4 N/mm ² |

| | | |
|------------|----|----|
| copriferro | 50 | mm |
| staffe | 10 | mm |
| armat. sec | 10 | mm |

| Geometria della sezione | |
|----------------------------------|---------------|
| Altezza geometrica della sezione | $h = 30.7$ cm |
| Base della sezione | $b = 100$ cm |
| Copriferro | $d' = 7.7$ cm |
| Altezza utile della sezione | $d = 23$ cm |

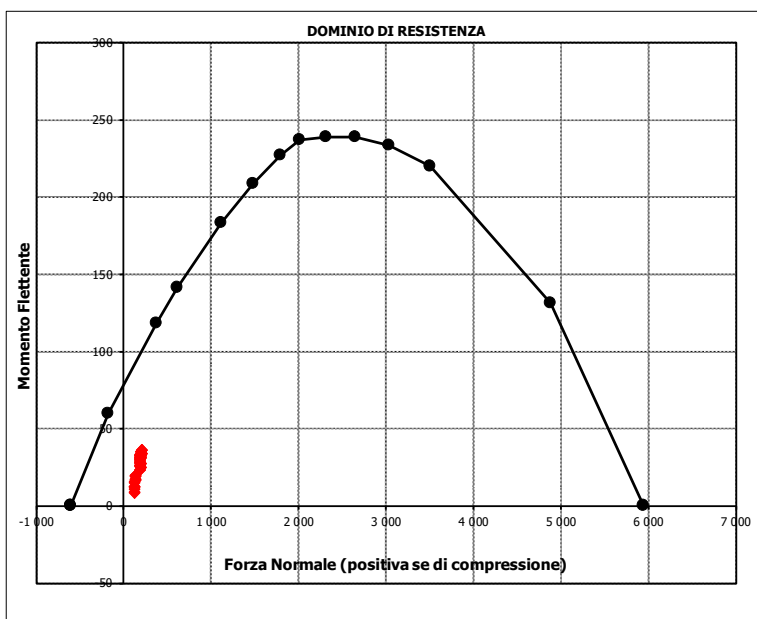
| Armatura tesa | | | |
|---------------|----------|-------------|-----------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | cm ² |
| 5 | 14 | 7.70 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 7.70 | cm² |

| Armatura compressa | | | |
|--------------------|----------|-------------|-----------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | cm ² |
| 5 | 14 | 7.70 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 7.70 | cm² |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|------------|-----------|----|
| Comb. | Nsd [kN] | Msd [kNm] | |
| (Nmax) | Fr_31St_57 | 217 | 38 |
| (Nmin) | Fr_31St_82 | 103 | 16 |
| (Mmax) | Fr_31St_57 | 217 | 38 |
| (Mmin) | Fr_31St_20 | 130 | 8 |

Caratteristiche di sollecitazione

| Comb. | Nsd | Msd | | | |
|----------|-----|-----|----------|-----|----|
| 01S1-11M | 201 | 35 | 53S3-11M | 206 | 36 |
| 02S1-11T | 201 | 35 | 54S3-11T | 206 | 36 |
| 03S1-12M | 201 | 27 | 55S3-12M | 206 | 29 |
| 04S1-12T | 201 | 27 | 56S3-12T | 206 | 29 |
| 05S1-13M | 213 | 36 | 57S3-13M | 217 | 38 |
| 06S1-13T | 213 | 36 | 58S3-13T | 217 | 38 |
| 07S1-14- | 130 | 11 | 59S3-14S | 197 | 35 |
| 08S1-15- | 142 | 20 | 60S3-15S | 197 | 31 |
| 09S1-16S | 193 | 33 | 61S3-16S | 202 | 35 |
| 10S1-17S | 193 | 30 | 62S3-21M | 206 | 34 |
| 11S1-18S | 197 | 34 | 63S3-21T | 206 | 34 |
| 12S1-19S | 130 | 15 | 64S3-22M | 206 | 27 |
| 13S1-20S | 135 | 19 | 65S3-22T | 206 | 27 |
| 14S1-21M | 201 | 33 | 66S3-23M | 215 | 35 |
| 15S1-21T | 201 | 33 | 67S3-23T | 215 | 35 |
| 16S1-22M | 201 | 25 | 68S3-24S | 197 | 32 |
| 17S1-22T | 201 | 25 | 69S3-25S | 197 | 29 |
| 18S1-23M | 213 | 34 | 70S3-26S | 201 | 32 |
| 19S1-23T | 213 | 34 | 71SSS1- | 125 | 20 |
| 20S1-24- | 130 | 8 | 72SSS2- | 122 | 19 |
| 21S1-25- | 142 | 17 | 73SSS3- | 115 | 18 |
| 22S1-26S | 193 | 31 | 74SSS4- | 105 | 16 |
| 23S1-27S | 193 | 27 | 75SSS5- | 125 | 18 |
| 24S1-28S | 197 | 31 | 76SSS6- | 122 | 17 |
| 25S1-29S | 130 | 13 | 77SSS7- | 115 | 16 |
| 26S1-30S | 135 | 17 | 78SSS8- | 105 | 14 |
| 27S1T11M | 191 | 33 | 79SSS9S | 123 | 20 |
| 28S1T11T | 191 | 33 | 80SSS10S | 120 | 19 |
| 29S1T12M | 191 | 26 | 81SSS11S | 113 | 18 |
| 30S1T12T | 191 | 26 | 82SSS12S | 103 | 16 |
| 31S1T13M | 200 | 34 | 83SSS13S | 123 | 18 |
| 32S1T13T | 200 | 34 | 84SSS14S | 120 | 17 |
| 33S1T14- | 130 | 12 | 85SSS15S | 113 | 16 |
| 34S1T15- | 140 | 20 | 86SSS16S | 103 | 14 |
| 35S1T16S | 184 | 31 | | | |
| 36S1T17S | 184 | 28 | | | |
| 37S1T18S | 188 | 32 | | | |
| 38S1T19S | 130 | 15 | | | |
| 39S1T20S | 135 | 19 | | | |
| 40S1T21M | 191 | 30 | | | |
| 41S1T21T | 191 | 30 | | | |
| 42S1T22M | 191 | 24 | | | |
| 43S1T22T | 191 | 24 | | | |
| 44S1T23M | 200 | 31 | | | |
| 45S1T23T | 200 | 31 | | | |
| 46S1T24- | 130 | 9 | | | |
| 47S1T25- | 140 | 17 | | | |
| 48S1T26S | 184 | 29 | | | |
| 49S1T27S | 184 | 26 | | | |
| 50S1T28S | 188 | 29 | | | |
| 51S1T29S | 130 | 13 | | | |
| 52S1T30S | 135 | 17 | | | |



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se $V_{Ed} < VR_{d1}$ la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se $V_{Ed} < VR_{d2}$ la verifica è soddisfatta.

| Calcestruzzo | | Sollecitazioni | | Piedritto | |
|----------------|------------------------|---|-------------------|-----------|---------------|
| Tipo | C30/37 | V_{Ed} | kN | | 105 |
| R_{ck} | 37 N/mm ² | N_{Ed} | kN | | 0 |
| f_{ck} | 30.7 N/mm ² | Armatura a taglio | | | |
| γ_c | 1.5 | Diametro | mm | | 10 |
| α_{cc} | 0.85 | Numero barre | | | 2.5 |
| f_{cd} | 17.4 N/mm ² | A_{sw} | cm ² | | 1.96 |
| Acciaio | | Passo s | cm | | 40 |
| f_{tk} | 540 N/mm ² | Angolo α | ° | | 90 |
| f_{yk} | 450 N/mm ² | Armatura longitudinale | | | |
| γ_s | 1.15 | n_1 | | | 5 |
| f_{yd} | 391 N/mm ² | \varnothing_1 | mm | | 14 |
| | | n_2 | | | - |
| | | \varnothing_2 | mm | | - |
| | | Asl | cm ² | | 7.70 |
| | | Sezione | | | |
| | | b_w | cm | | 100 |
| | | H | cm | | 76.4 |
| | | c | cm | | 7.7 |
| | | d | cm | | 68.7 |
| | | k | N/mm ² | | 1.54 |
| | | v_{min} | N/mm ² | | 0.37 |
| | | ρ | | | 0.0011 |
| | | σ_{cp} | N/mm ² | | 0.00 |
| | | α_c | | | 1.00 |
| | | Resistenza senza armatura a taglio | | | |
| | | V_{Rd} | kN | | 255 |

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 42 di 59 |

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spice)

Sollecitazioni

| | | | |
|-------------------|---|--------------|------|
| Momento flettente | M | 59.06 | kN m |
| Sforzo normale | N | 153 | kN |

Materiali

| | | | |
|---|----------------|--------------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo | R_{ck} | 37 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo | f_{ck} | 30.71 | N/mm ² |
| Modulo elastico del calcestruzzo | E_{cm} | 33019.43 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile cls | σ_{amm} | 16.9 | N/mm ² |
| Res. media a trazione cls | f_{ctm} | 3.4 | N/mm ² |
| Res. caratteristica a trazione cls | f_{ctk} | 2.3 | N/mm ² |
| Tensione di snervamento acciaio | f_{yk} | 450.00 | N/mm ² |
| Modulo elastico dell'acciaio | E_s | 200000.00 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile acciaio | σ_{amm} | 337.5 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |

Caratteristiche geometriche

| | | | | |
|--------------------------------|---------|-------------|-----------------|---|
| Altezza sezione | H | 76.4 | cm | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 7.70 | cm ² | 5 Ø 14 $C_{s1} =$ 7.7 cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{s2} =$ 8.4 cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{i2} =$ 8.4 cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 7.70 | cm ² | 5 Ø 14 $C_{i1} =$ 7.7 cm |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|-------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 1.3 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 30.1 | N/mm ² | < σ_{samm} |

| | | | | |
|--|------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità | e (M) | 38.5 | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | 0.3 | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 26.5 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 7856 | cm ² | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 3930999.159 | cm ⁴ | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id}^* | 864096.3385 | cm ⁴ | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-----|------|----------------------------|
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 262 | kN m | La sezione non è fessurata |
|---------------------------------------|--------------|-----|------|----------------------------|

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 43 di 59 |

- Verifica a fessurazione mezzeria (Pied-Mezz)

Sollecitazioni

| | | | |
|-------------------|---|--------------|------|
| Momento flettente | M | 24.19 | kN m |
| Sforzo normale | N | 140 | kN |

Materiali

| | | | |
|---|----------------|--------------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo | R_{ck} | 37 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo | f_{ck} | 30.71 | N/mm ² |
| Modulo elastico del calcestruzzo | E_{cm} | 33019.43 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile cls | σ_{amm} | 16.9 | N/mm ² |
| Res. media a trazione cls | f_{ctm} | 3.4 | N/mm ² |
| Res. caratteristica a trazione cls | f_{ctk} | 2.3 | N/mm ² |
| Tensione di snervamento acciaio | f_{yk} | 450.00 | N/mm ² |
| Modulo elastico dell'acciaio | E_s | 200000.00 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile acciaio | σ_{amm} | 337.5 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |

Caratteristiche geometriche

| | | | | |
|--------------------------------|---------|-------------|-----------------|---|
| Altezza sezione | H | 30.7 | cm | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 7.70 | cm ² | 5 Ø 14 $C_{s1} =$ 7.7 cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{s2} =$ 8.4 cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{i2} =$ 8.4 cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 7.70 | cm ² | 5 Ø 14 $C_{i1} =$ 7.7 cm |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|-------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 3.2 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 54.6 | N/mm ² | < σ_{samm} |

| | | | | |
|--|------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità | e (M) | 17.3 | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | 1.9 | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 10.7 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 3286 | cm ² | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 254633.6168 | cm ⁴ | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id}^* | 59766.44124 | cm ⁴ | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|---------------------------------------|--------------|----|------|----------------------------|
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 46 | kN m | La sezione non è fessurata |
|---------------------------------------|--------------|----|------|----------------------------|

9.5.2 Verifica soletta superiore

- **Sezione di mezzeria (Solsup-Camp): 30.7 x 100 cm**

Armatura a flessione:

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

- **Sezione appoggio (Solsup-App): 70.6 x 100 cm**

Armatura a flessione:

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

Armatura a taglio:

Non necessarie ai fini del calcolo. Si inseriscono comunque Spille φ 10/40x40 cm.

IN50 - Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 45 di 59 |

• Verifica a pressoflessione appoggio (Solsup-App)

Acciaio

| | | | | |
|------------------------------|-----------------|---|---------|-------------------|
| Tensione car. di rottura | f_{tk} | = | 540 | N/mm ² |
| Tensione car. di snervamento | f_{yk} | = | 450 | N/mm ² |
| Coeff. parziale di sicurezza | γ_s | = | 1.15 | |
| Resistenza di calcolo | f_{yd} | = | 391 | N/mm ² |
| Modulo elastico | E_s | = | 205000 | N/mm ² |
| | ϵ_{yd} | = | 0.00191 | |

Calcestruzzo

| | |
|------------|-------------------------|
| Tipo | C30/37 |
| R_{ck} | 37 N/mm ² |
| f_{ck} | 30.71 N/mm ² |
| γ_c | 1.5 |
| f_{cd} | 20.5 N/mm ² |
| f_{cc} | 17.4 N/mm ² |

| | | |
|------------|----|----|
| copriferro | 50 | mm |
| staffe | 10 | mm |
| armat. sec | 10 | mm |

Geometria della sezione

| | | | | |
|----------------------------------|------|---|------|----|
| Altezza geometrica della sezione | h | = | 76.4 | cm |
| Base della sezione | b | = | 100 | cm |
| Copri ferro | d' | = | 7.7 | cm |
| Altezza utile della sezione | d | = | 68.7 | cm |

Armatura tesa

| | | |
|----------|----------|----------------------------|
| N° ferri | Diametro | Area |
| 5 | 14 | 7.70 cm ² |
| | | 0.00 cm ² |
| | | 0.00 cm ² |
| | | 7.70 cm² |

Armatura compressa

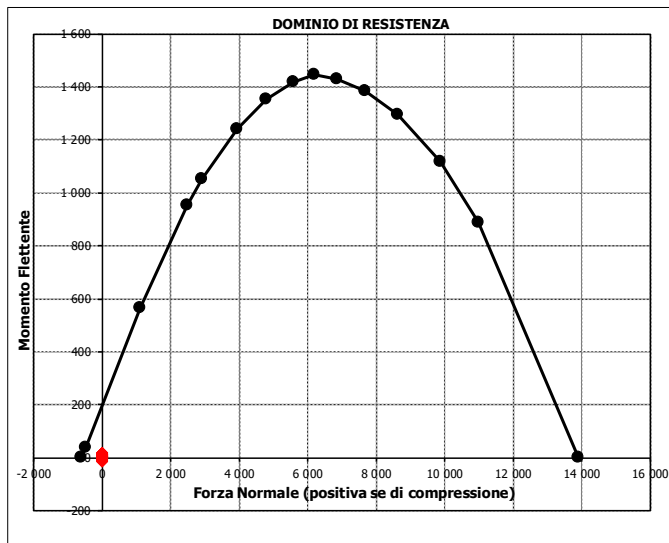
| | | |
|----------|----------|----------------------------|
| N° ferri | Diametro | Area |
| 5 | 14 | 7.70 cm ² |
| | | 0.00 cm ² |
| | | 0.00 cm ² |
| | | 7.70 cm² |

Caratteristiche di sollecitazione

| | | |
|--------|------------|-----------|
| Comb. | Nsd [kN] | Msd [kNm] |
| (Nmax) | Fr_16St_01 | 0 12 |
| (Nmin) | Fr_16St_01 | 0 12 |
| (Mmax) | Fr_16St_57 | 0 21 |
| (Mmin) | Fr_16St_20 | 0 -13 |

Caratteristiche di sollecitazione

| Comb. | Nsd | Msd | Comb. | Nsd | Msd |
|----------|-----|-----|----------|-----|-----|
| 01S1-11M | 0 | 12 | 53S3-11M | 0 | 15 |
| 02S1-11T | 0 | 12 | 54S3-11T | 0 | 15 |
| 03S1-12M | 0 | 5 | 55S3-12M | 0 | 7 |
| 04S1-12T | 0 | 5 | 56S3-12T | 0 | 7 |
| 05S1-13M | 0 | 19 | 57S3-13M | 0 | 21 |
| 06S1-13T | 0 | 19 | 58S3-13T | 0 | 21 |
| 07S1-14- | 0 | -6 | 59S3-14S | 0 | 14 |
| 08S1-15- | 0 | 8 | 60S3-15S | 0 | 11 |
| 09S1-16S | 0 | 11 | 61S3-16S | 0 | 16 |
| 10S1-17S | 0 | 8 | 62S3-21M | 0 | 8 |
| 11S1-18S | 0 | 14 | 63S3-21T | 0 | 8 |
| 12S1-19S | 0 | -1 | 64S3-22M | 0 | 1 |
| 13S1-20S | 0 | 5 | 65S3-22T | 0 | 1 |
| 14S1-21M | 0 | 5 | 66S3-23M | 0 | 13 |
| 15S1-21T | 0 | 5 | 67S3-23T | 0 | 13 |
| 16S1-22M | 0 | -2 | 68S3-24S | 0 | 7 |
| 17S1-22T | 0 | -2 | 69S3-25S | 0 | 4 |
| 18S1-23M | 0 | 12 | 70S3-26S | 0 | 9 |
| 19S1-23T | 0 | 12 | 71SSS1-- | 0 | 17 |
| 20S1-24- | 0 | -13 | 72SSS2-- | 0 | 17 |
| 21S1-25- | 0 | 1 | 73SSS3-- | 0 | 10 |
| 22S1-26S | 0 | 4 | 74SSS4-- | 0 | 8 |
| 23S1-27S | 0 | 1 | 75SSS5-- | 0 | 12 |
| 24S1-28S | 0 | 7 | 76SSS6-- | 0 | 11 |
| 25S1-29S | 0 | -8 | 77SSS7-- | 0 | 4 |
| 26S1-30S | 0 | -3 | 78SSS8-- | 0 | 3 |
| 27S1T11M | 0 | 12 | 79SSS9S | 0 | 16 |
| 28S1T11T | 0 | 12 | 80SSS10S | 0 | 16 |
| 29S1T12M | 0 | 6 | 81SSS11S | 0 | 9 |
| 30S1T12T | 0 | 6 | 82SSS12S | 0 | 8 |
| 31S1T13M | 0 | 18 | 83SSS13S | 0 | 11 |
| 32S1T13T | 0 | 18 | 84SSS14S | 0 | 11 |
| 33S1T14- | 0 | -5 | 85SSS15S | 0 | 4 |
| 34S1T15- | 0 | 7 | 86SSS16S | 0 | 2 |
| 35S1T16S | 0 | 11 | | | |
| 36S1T17S | 0 | 9 | | | |
| 37S1T18S | 0 | 14 | | | |
| 38S1T19S | 0 | -1 | | | |
| 39S1T20S | 0 | 4 | | | |
| 40S1T21M | 0 | 5 | | | |
| 41S1T21T | 0 | 5 | | | |
| 42S1T22M | 0 | -2 | | | |
| 43S1T22T | 0 | -2 | | | |
| 44S1T23M | 0 | 11 | | | |
| 45S1T23T | 0 | 11 | | | |
| 46S1T24- | 0 | -12 | | | |
| 47S1T25- | 0 | 0 | | | |
| 48S1T26S | 0 | 4 | | | |
| 49S1T27S | 0 | 1 | | | |
| 50S1T28S | 0 | 7 | | | |
| 51S1T29S | 0 | -8 | | | |
| 52S1T30S | 0 | -3 | | | |
| 53S3-11M | 0 | 15 | | | |



IN50 - Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 46 di 59 |

• Verifica a pressoflessione campata (Solsup-Camp)

| Acciaio | |
|------------------------------|----------------------------------|
| Tensione car. di rottura | $f_{tk} = 540$ N/mm ² |
| Tensione car. di snervamento | $f_{yk} = 450$ N/mm ² |
| Coeff. parziale di sicurezza | $\gamma_s = 1.15$ |
| Resistenza di calcolo | $f_{yd} = 391$ N/mm ² |
| Modulo elastico | $E_s = 205000$ N/mm ² |
| | $\epsilon_{yd} = 0.00191$ |

| Calcestruzzo | |
|------------------------------|------------------------------------|
| Tipo | C30/37 |
| Resistenza di calcolo | $R_{ck} = 37$ N/mm ² |
| Resistenza caratteristica | $f_{ck} = 30.71$ N/mm ² |
| Coeff. parziale di sicurezza | $\gamma_c = 1.5$ |
| Resistenza di calcolo | $f_{cd} = 20.5$ N/mm ² |
| Modulo elastico | $E_{cc} = 17.4$ N/mm ² |

| | | |
|-------------|----|----|
| copriferro | 50 | mm |
| staffe | 10 | mm |
| armat. sec. | 10 | mm |

| Geometria della sezione | |
|----------------------------------|---------------|
| Altezza geometrica della sezione | $h = 30.7$ cm |
| Base della sezione | $b = 100$ cm |
| Copriferro | $d' = 7.7$ cm |
| Altezza utile della sezione | $d = 23$ cm |

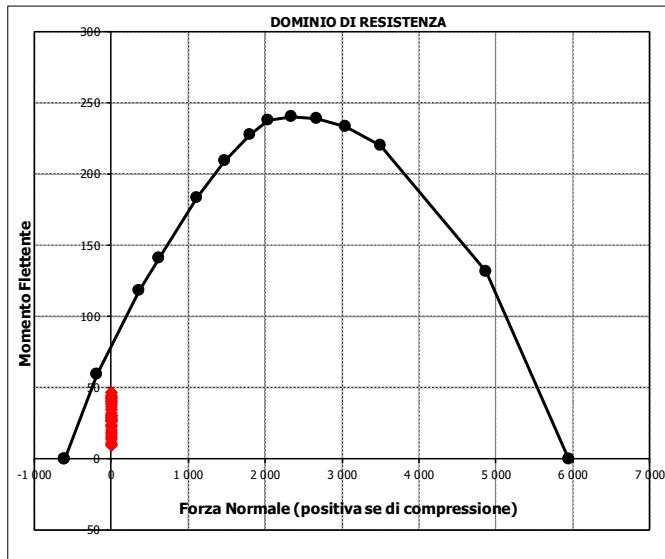
| Armatura tesa | | | |
|---------------|----------|-------------|-----------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 5 | 14 | 7.70 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 7.70 | cm² |

| Armatura compressa | | | |
|--------------------|----------|-------------|-----------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 5 | 14 | 7.70 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 7.70 | cm² |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|------------|-----------|----|
| Comb. | Nsd [kN] | Msd [kNm] | |
| (Nmax) | Fr_20St_01 | 0 | 34 |
| (Nmin) | Fr_20St_01 | 0 | 34 |
| (Mmax) | Fr_20St_1c | 0 | 47 |
| (Mmin) | Fr_20St_7z | 0 | 9 |

Caratteristiche di sollecitazione

| Comb. | Nsd | Msd | | | |
|----------|-----|-----|----------|---|----|
| 01S1-11M | 0 | 34 | 53S3-11M | 0 | 34 |
| 02S1-11T | 0 | 34 | 54S3-11T | 0 | 34 |
| 03S1-12M | 0 | 26 | 55S3-12M | 0 | 26 |
| 04S1-12T | 0 | 26 | 56S3-12T | 0 | 26 |
| 05S1-13M | 0 | 30 | 57S3-13M | 0 | 30 |
| 06S1-13T | 0 | 30 | 58S3-13T | 0 | 30 |
| 07S1-14- | 0 | 10 | 59S3-14S | 0 | 32 |
| 08S1-15- | 0 | 14 | 60S3-15S | 0 | 29 |
| 09S1-16S | 0 | 32 | 61S3-16S | 0 | 30 |
| 10S1-17S | 0 | 29 | 62S3-21M | 0 | 47 |
| 11S1-18S | 0 | 30 | 63S3-21T | 0 | 47 |
| 12S1-19S | 0 | 15 | 64S3-22M | 0 | 40 |
| 13S1-20S | 0 | 16 | 65S3-22T | 0 | 40 |
| 14S1-21M | 0 | 47 | 66S3-23M | 0 | 43 |
| 15S1-21T | 0 | 47 | 67S3-23T | 0 | 43 |
| 16S1-22M | 0 | 39 | 68S3-24S | 0 | 45 |
| 17S1-22T | 0 | 39 | 69S3-25S | 0 | 41 |
| 18S1-23M | 0 | 43 | 70S3-26S | 0 | 43 |
| 19S1-23T | 0 | 43 | 71SSS1-- | 0 | 10 |
| 20S1-24- | 0 | 23 | 72SSS2-- | 0 | 9 |
| 21S1-25- | 0 | 27 | 73SSS3-- | 0 | 13 |
| 22S1-26S | 0 | 45 | 74SSS4-- | 0 | 11 |
| 23S1-27S | 0 | 41 | 75SSS5-- | 0 | 19 |
| 24S1-28S | 0 | 43 | 76SSS6-- | 0 | 18 |
| 25S1-29S | 0 | 27 | 77SSS7-- | 0 | 23 |
| 26S1-30S | 0 | 29 | 78SSS8-- | 0 | 20 |
| 27S1T11M | 0 | 31 | 79SSS9S | 0 | 10 |
| 28S1T11T | 0 | 31 | 80SSS10S | 0 | 9 |
| 29S1T12M | 0 | 24 | 81SSS11S | 0 | 13 |
| 30S1T12T | 0 | 24 | 82SSS12S | 0 | 11 |
| 31S1T13M | 0 | 28 | 83SSS13S | 0 | 19 |
| 32S1T13T | 0 | 28 | 84SSS14S | 0 | 18 |
| 33S1T14- | 0 | 11 | 85SSS15S | 0 | 23 |
| 34S1T15- | 0 | 15 | 86SSS16S | 0 | 20 |
| 35S1T16S | 0 | 29 | | | |
| 36S1T17S | 0 | 26 | | | |
| 37S1T18S | 0 | 28 | | | |
| 38S1T19S | 0 | 15 | | | |
| 39S1T20S | 0 | 17 | | | |
| 40S1T21M | 0 | 44 | | | |
| 41S1T21T | 0 | 44 | | | |
| 42S1T22M | 0 | 36 | | | |
| 43S1T22T | 0 | 36 | | | |
| 44S1T23M | 0 | 40 | | | |
| 45S1T23T | 0 | 40 | | | |
| 46S1T24- | 0 | 24 | | | |
| 47S1T25- | 0 | 27 | | | |
| 48S1T26S | 0 | 42 | | | |
| 49S1T27S | 0 | 39 | | | |
| 50S1T28S | 0 | 40 | | | |
| 51S1T29S | 0 | 27 | | | |
| 52S1T30S | 0 | 29 | | | |



IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 47 di 59 |

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd1}$ la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd2}$ la verifica è soddisfatta.

| Calcestruzzo | | Sollecitazioni | | Soletta sup | |
|----------------|------------------------|---|-------------------|-------------|---------------|
| Tipo | C30/37 | V_{Ed} | kN | | 159 |
| R_{ck} | 37 N/mm ² | N_{Ed} | kN | | 0 |
| f_{ck} | 30.7 N/mm ² | Armatura a taglio | | | |
| γ_c | 1.5 | Diametro | mm | | 10 |
| α_{cc} | 0.85 | Numero barre | | | 2.5 |
| f_{cd} | 17.4 N/mm ² | A_{sw} | cm ² | | 1.96 |
| Acciaio | | Passo s | cm | | 40 |
| f_{tk} | 540 N/mm ² | Angolo α | ° | | 90 |
| f_{yk} | 450 N/mm ² | Armatura longitudinale | | | |
| γ_s | 1.15 | n_1 | | | 5 |
| f_{yd} | 391 N/mm ² | \varnothing_1 | mm | | 14 |
| | | n_2 | | | - |
| | | \varnothing_2 | mm | | - |
| | | Asl | cm ² | | 7.70 |
| | | Sezione | | | |
| | | b_w | cm | | 100 |
| | | H | cm | | 76.4 |
| | | c | cm | | 7.7 |
| | | d | cm | | 68.7 |
| | | k | N/mm ² | | 1.54 |
| | | v_{min} | N/mm ² | | 0.37 |
| | | ρ | | | 0.0011 |
| | | σ_{cp} | N/mm ² | | 0.00 |
| | | α_c | | | 1.00 |
| | | Resistenza senza armatura a taglio | | | |
| | | V_{Rd} | kN | | 255 |

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 48 di 59 |

- Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

Sollecitazioni

| | | | |
|-------------------|---|--------------|------|
| Momento flettente | M | 13.42 | kN m |
| Sforzo normale | N | 0 | kN |

Materiali

| | | | |
|---|----------------|--------------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo | R_{ck} | 37 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo | f_{ck} | 30.71 | N/mm ² |
| Modulo elastico del calcestruzzo | E_{cm} | 33019.43 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile cls | σ_{amm} | 16.9 | N/mm ² |
| Res. media a trazione cls | f_{ctm} | 3.4 | N/mm ² |
| Res. caratteristica a trazione cls | f_{ctk} | 2.3 | N/mm ² |
| Tensione di snervamento acciaio | f_{yk} | 450.00 | N/mm ² |
| Modulo elastico dell'acciaio | E_s | 205000.00 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile acciaio | σ_{amm} | 337.5 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |

Caratteristiche geometriche

| | | | | |
|--------------------------------|---------|-------------|-----------------|---|
| Altezza sezione | H | 76.4 | cm | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 7.70 | cm ² | 5 Ø 14 $C_{s1} =$ 7.7 cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{s2} =$ 8.4 cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{i2} =$ 8.4 cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 7.70 | cm ² | 5 Ø 14 $C_{i1} =$ 7.7 cm |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|-------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 0.3 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 26.9 | N/mm ² | < σ_{samm} |

| | | | | |
|--|------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità | e (M) | ∞ | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | ∞ | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 11.2 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 7856 | cm ² | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 3930999.159 | cm ⁴ | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id}^* | 429962.4305 | cm ⁴ | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-----|------|----------------------------|
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 242 | kN m | La sezione non è fessurata |
|---------------------------------------|--------------|-----|------|----------------------------|

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 49 di 59 |

- Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

Sollecitazioni

| | | | |
|-------------------|---|--------------|------|
| Momento flettente | M | 31.35 | kN m |
| Sforzo normale | N | 0 | kN |

Materiali

| | | | |
|---|----------------|--------------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo | R_{ck} | 37 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo | f_{ck} | 30.71 | N/mm ² |
| Modulo elastico del calcestruzzo | E_{cm} | 33019.43 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile cls | σ_{amm} | 16.9 | N/mm ² |
| Res. media a trazione cls | f_{ctm} | 3.4 | N/mm ² |
| Res. caratteristica a trazione cls | f_{ctk} | 2.3 | N/mm ² |
| Tensione di snervamento acciaio | f_{yk} | 450.00 | N/mm ² |
| Modulo elastico dell'acciaio | E_s | 205000.00 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile acciaio | σ_{amm} | 337.5 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |

Caratteristiche geometriche

| | | | | |
|--------------------------------|---------|-------------|-----------------|---|
| Altezza sezione | H | 30.7 | cm | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 7.70 | cm ² | 5 Ø 14 $C_{s1} =$ 7.7 cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{s2} =$ 8.4 cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{i2} =$ 8.4 cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 7.70 | cm ² | 5 Ø 14 $C_{i1} =$ 7.7 cm |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|--------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 4.9 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 191.3 | N/mm ² | < σ_{samm} |

| | | | | |
|--|------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità | e (M) | ∞ | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | ∞ | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 6.4 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 3286 | cm ² | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 254633.6168 | cm ⁴ | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id}^* | 40747.22684 | cm ⁴ | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|---------------------------------------|--------------|----|------|----------------------------|
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 39 | kN m | La sezione non è fessurata |
|---------------------------------------|--------------|----|------|----------------------------|

9.5.3 Verifica soletta inferiore

- **Sezione di mezzeria (Solinf-Camp): 30.7 x 100 cm**

Armatura a flessione:

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

- **Sezione appoggio (Solinf-App): 70.6 x 100 cm**

Armatura a flessione:

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

Armatura a taglio:

Non necessarie ai fini del calcolo. Si inseriscono comunque Spille φ 10/40x40 cm.

IN50 - Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 51 di 59 |

• Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-App)

| Acciaio | |
|------------------------------|----------------------------------|
| Tensione car. di rottura | $f_{tk} = 540$ N/mm ² |
| Tensione car. di snervamento | $f_{yk} = 450$ N/mm ² |
| Coeff. parziale di sicurezza | $\gamma_s = 1.15$ |
| Resistenza di calcolo | $f_{yd} = 391$ N/mm ² |
| Modulo elastico | $E_s = 200000$ N/mm ² |
| | $\epsilon_{yd} = 0.00196$ |

| Calcestruzzo | |
|--------------|-------------------------|
| Tipo | C30/37 |
| R_{ck} | 37 N/mm ² |
| f_{ck} | 30.71 N/mm ² |
| γ_c | 1.5 |
| f_{cd} | 20.5 N/mm ² |
| f_{cc} | 17.4 N/mm ² |

| | | |
|------------|----|----|
| copriferro | 50 | mm |
| staffe | 10 | mm |
| armat. sec | 10 | mm |

| Geometria della sezione | |
|----------------------------------|---------------|
| Altezza geometrica della sezione | $h = 76.4$ cm |
| Base della sezione | $b = 100$ cm |
| Copriferro | $d' = 7.7$ cm |
| Altezza utile della sezione | $d = 68.7$ cm |

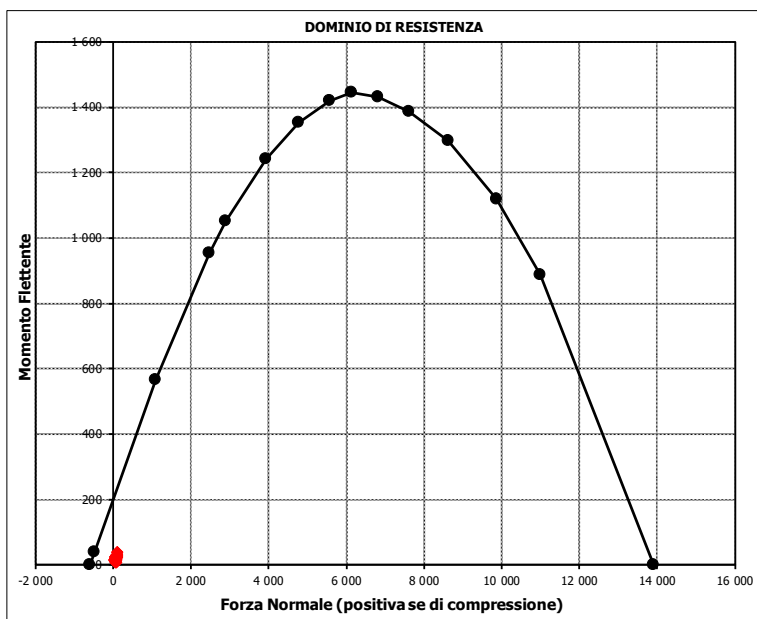
| Armatura tesa | | | |
|---------------|----------|-------------|-----------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | cm ² |
| 5 | 14 | 7.70 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 7.70 | cm² |

| Armatura compressa | | | |
|--------------------|----------|-------------|-----------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | cm ² |
| 5 | 14 | 7.70 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 7.70 | cm² |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|------------|-----------|----|
| Comb. | Nsd [kN] | Msd [kNm] | |
| (Nmax) | Fr_12St_76 | 123 | 43 |
| (Nmin) | Fr_12St_01 | 42 | 13 |
| (Mmax) | Fr_12St_75 | 123 | 43 |
| (Mmin) | Fr_12St_07 | 80 | 7 |

Caratteristiche di sollecitazione

| Comb. | Nsd | Msd | | | |
|----------|-----|-----|----------|-----|----|
| 01S1-11M | 42 | 13 | 53S3-11M | 46 | 17 |
| 02S1-11T | 42 | 13 | 54S3-11T | 46 | 17 |
| 03S1-12M | 80 | 13 | 55S3-12M | 85 | 16 |
| 04S1-12T | 80 | 13 | 56S3-12T | 85 | 16 |
| 05S1-13M | 98 | 28 | 57S3-13M | 103 | 31 |
| 06S1-13T | 98 | 28 | 58S3-13T | 103 | 31 |
| 07S1-14- | 80 | 7 | 59S3-14S | 47 | 16 |
| 08S1-15- | 98 | 22 | 60S3-15S | 65 | 16 |
| 09S1-16S | 42 | 13 | 61S3-16S | 72 | 22 |
| 10S1-17S | 60 | 13 | 62S3-21M | 58 | 26 |
| 11S1-18S | 67 | 19 | 63S3-21T | 58 | 26 |
| 12S1-19S | 59 | 7 | 64S3-22M | 92 | 26 |
| 13S1-20S | 66 | 14 | 65S3-22T | 92 | 26 |
| 14S1-21M | 53 | 23 | 66S3-23M | 108 | 39 |
| 15S1-21T | 53 | 23 | 67S3-23T | 108 | 39 |
| 16S1-22M | 92 | 22 | 68S3-24S | 59 | 26 |
| 17S1-22T | 92 | 22 | 69S3-25S | 76 | 26 |
| 18S1-23M | 110 | 38 | 70S3-26S | 83 | 32 |
| 19S1-23T | 110 | 38 | 71SSS1- | 114 | 36 |
| 20S1-24- | 92 | 17 | 72SSS2- | 114 | 36 |
| 21S1-25- | 109 | 32 | 73SSS3- | 71 | 20 |
| 22S1-26S | 54 | 23 | 74SSS4- | 71 | 19 |
| 23S1-27S | 72 | 22 | 75SSS5- | 123 | 43 |
| 24S1-28S | 79 | 29 | 76SSS6- | 123 | 43 |
| 25S1-29S | 71 | 17 | 77SSS7- | 79 | 27 |
| 26S1-30S | 78 | 24 | 78SSS8- | 80 | 27 |
| 27S1T11M | 45 | 15 | 79SSS9S | 110 | 35 |
| 28S1T11T | 45 | 15 | 80SSS10S | 110 | 34 |
| 29S1T12M | 79 | 14 | 81SSS11S | 66 | 18 |
| 30S1T12T | 79 | 14 | 82SSS12S | 67 | 18 |
| 31S1T13M | 95 | 27 | 83SSS13S | 119 | 42 |
| 32S1T13T | 95 | 27 | 84SSS14S | 119 | 42 |
| 33S1T14- | 75 | 7 | 85SSS15S | 75 | 26 |
| 34S1T15- | 90 | 20 | 86SSS16S | 76 | 25 |
| 35S1T16S | 46 | 15 | | | |
| 36S1T17S | 63 | 14 | | | |
| 37S1T18S | 70 | 20 | | | |
| 38S1T19S | 58 | 7 | | | |
| 39S1T20S | 65 | 13 | | | |
| 40S1T21M | 57 | 25 | | | |
| 41S1T21T | 57 | 25 | | | |
| 42S1T22M | 91 | 24 | | | |
| 43S1T22T | 91 | 24 | | | |
| 44S1T23M | 107 | 37 | | | |
| 45S1T23T | 107 | 37 | | | |
| 46S1T24- | 87 | 17 | | | |
| 47S1T25- | 102 | 30 | | | |
| 48S1T26S | 58 | 24 | | | |
| 49S1T27S | 75 | 24 | | | |
| 50S1T28S | 82 | 30 | | | |
| 51S1T29S | 70 | 17 | | | |
| 52S1T30S | 77 | 23 | | | |



IN50 - Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 52 di 59 |

• Verifica a pressoflessione campata (Solinf-Camp)

| Acciaio | |
|------------------------------|----------------------------------|
| Tensione car. di rottura | $f_{tk} = 540$ N/mm ² |
| Tensione car. di snervamento | $f_{yk} = 450$ N/mm ² |
| Coeff. parziale di sicurezza | $\gamma_s = 1.15$ |
| Resistenza di calcolo | $f_{yd} = 391$ N/mm ² |
| Modulo elastico | $E_s = 200000$ N/mm ² |
| | $\epsilon_{yd} = 0.00196$ |

| Calcestruzzo | |
|---------------------------|------------------------------------|
| Tipo | C30/37 |
| Resistenza caratteristica | $R_{ck} = 37$ N/mm ² |
| Resistenza di calcolo | $f_{ck} = 30.71$ N/mm ² |
| Coef. di variazione | $V_c = 1.5$ |
| Resistenza di calcolo | $f_{cd} = 20.5$ N/mm ² |
| Resistenza caratteristica | $f_{ctk} = 17.4$ N/mm ² |

| | | |
|------------|----|----|
| copriferro | 50 | mm |
| staffe | 10 | mm |
| armat. sec | 10 | mm |

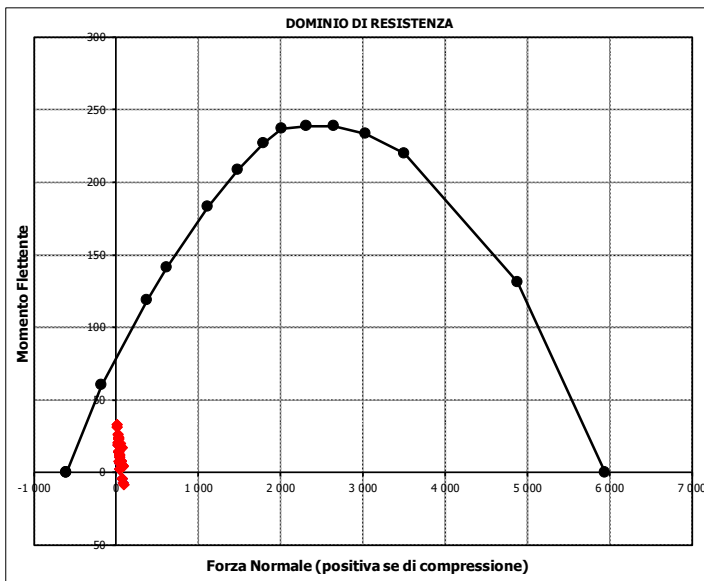
| Geometria della sezione | |
|----------------------------------|---------------|
| Altezza geometrica della sezione | $h = 30.7$ cm |
| Base della sezione | $b = 100$ cm |
| Copriferro | $d' = 7.7$ cm |
| Altezza utile della sezione | $d = 23$ cm |

| Armatura tesa | | | |
|---------------|----------|-------------|-----------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 5 | 14 | 7.70 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 7.70 | cm² |

| Armatura compressa | | | |
|--------------------|----------|-------------|-----------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 5 | 14 | 7.70 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 7.70 | cm² |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|------------|-----------|----|
| Comb. | Nsd [kN] | Msd [kNm] | |
| (Nmax) | Fr_7St_20s | 92 | -8 |
| (Nmin) | Fr_7St_71s | -13 | 28 |
| (Mmax) | Fr_7St_57s | 9 | 35 |
| (Mmin) | Fr_7St_20s | 92 | -8 |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | | |
|-----------------------------------|-----|-----|----------|-----|
| Comb. | Nsd | Msd | | |
| 01S1-11M | 32 | 24 | 53S3-11M | 27 |
| 02S1-11T | 32 | 24 | 54S3-11T | 27 |
| 03S1-12M | 71 | 17 | 55S3-12M | 66 |
| 04S1-12T | 71 | 17 | 56S3-12T | 66 |
| 05S1-13M | 14 | 33 | 57S3-13M | 9 |
| 06S1-13T | 14 | 33 | 58S3-13T | 9 |
| 07S1-14 | 80 | 4 | 59S3-14S | 28 |
| 08S1-15 | 23 | 20 | 60S3-15S | 46 |
| 09S1-16S | 33 | 23 | 61S3-16S | 20 |
| 10S1-17S | 51 | 20 | 62S3-21M | 39 |
| 11S1-18S | 25 | 26 | 63S3-21T | 39 |
| 12S1-19S | 59 | 8 | 64S3-22M | 73 |
| 13S1-20S | 34 | 15 | 65S3-22T | 73 |
| 14S1-21M | 44 | 12 | 66S3-23M | 24 |
| 15S1-21T | 44 | 12 | 67S3-23T | 24 |
| 16S1-22M | 83 | 5 | 68S3-24S | 40 |
| 17S1-22T | 83 | 5 | 69S3-25S | 57 |
| 18S1-23M | 26 | 21 | 70S3-26S | 33 |
| 19S1-23T | 26 | 21 | 71SSS1-- | -13 |
| 20S1-24 | 92 | -8 | 72SSS2-- | -13 |
| 21S1-25 | 35 | 8 | 73SSS3-- | 7 |
| 22S1-26S | 44 | 11 | 74SSS4-- | 8 |
| 23S1-27S | 62 | 8 | 75SSS5-- | -4 |
| 24S1-28S | 37 | 14 | 76SSS6-- | -4 |
| 25S1-29S | 71 | -4 | 77SSS7-- | 16 |
| 26S1-30S | 45 | 2 | 78SSS8-- | 16 |
| 27S1T11M | 30 | 24 | 79SSS9S | -11 |
| 28S1T11T | 30 | 24 | 80SSS10S | -11 |
| 29S1T12M | 64 | 17 | 81SSS11S | 8 |
| 30S1T12T | 64 | 17 | 82SSS12S | 9 |
| 31S1T13M | 15 | 31 | 83SSS13S | -2 |
| 32S1T13T | 15 | 31 | 84SSS14S | -2 |
| 33S1T14 | 75 | 5 | 85SSS15S | 17 |
| 34S1T15 | 25 | 19 | 86SSS16S | 18 |
| 35S1T16S | 30 | 23 | | |
| 36S1T17S | 48 | 20 | | |
| 37S1T18S | 23 | 26 | | |
| 38S1T19S | 58 | 8 | | |
| 39S1T20S | 34 | 14 | | |
| 40S1T21M | 42 | 11 | | |
| 41S1T21T | 42 | 11 | | |
| 42S1T22M | 76 | 5 | | |
| 43S1T22T | 76 | 5 | | |
| 44S1T23M | 27 | 19 | | |
| 45S1T23T | 27 | 19 | | |
| 46S1T24 | 87 | -7 | | |
| 47S1T25 | 37 | 6 | | |
| 48S1T26S | 42 | 10 | | |
| 49S1T27S | 60 | 7 | | |
| 50S1T28S | 35 | 14 | | |
| 51S1T29S | 70 | -4 | | |
| 52S1T30S | 46 | 2 | | |



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se $V_{Ed} < VR_{d1}$ la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se $V_{Ed} < VR_{d2}$ la verifica è soddisfatta.

Calcestruzzo

| | | |
|---------------|--------|-------------------|
| Tipo | C30/37 | |
| R_{ck} | 37 | N/mm ² |
| f_{ck} | 30.7 | N/mm ² |
| γ_c | 1.5 | |
| α_{cc} | 0.85 | |
| f_{cd} | 17.4 | N/mm ² |

Acciaio

| | | |
|------------|------|-------------------|
| f_{tk} | 540 | N/mm ² |
| f_{yk} | 450 | N/mm ² |
| γ_s | 1.15 | |
| f_{yd} | 391 | N/mm ² |

Sollecitazioni

| | | |
|----------|----|------------|
| V_{Ed} | kN | 168 |
| N_{Ed} | kN | 0 |

Soletta inf

Armatura a taglio

| | | |
|-----------------|-----------------|-------------|
| Diametro | mm | 10 |
| Numero barre | | 2.5 |
| A_{sw} | cm ² | 1.96 |
| Passo s | cm | 40 |
| Angolo α | ° | 90 |

Armatura longitudinale

| | | |
|-----------------|-----------------|-------------|
| n_1 | | 5 |
| \varnothing_1 | mm | 14 |
| n_2 | | - |
| \varnothing_2 | mm | - |
| Asl | cm ² | 7.70 |

Sezione

| | | |
|---------------|-------------------|---------------|
| b_w | cm | 100 |
| H | cm | 76.4 |
| c | cm | 7.7 |
| d | cm | 68.7 |
| k | N/mm ² | 1.54 |
| v_{min} | N/mm ² | 0.37 |
| ρ | | 0.0011 |
| σ_{cp} | N/mm ² | 0.00 |
| α_c | | 1.00 |

Resistenza senza armatura a taglio

| | | |
|----------|----|------------|
| V_{Rd} | kN | 255 |
|----------|----|------------|

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 54 di 59 |

- Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

Sollecitazioni

| | | | |
|-------------------|---|--------------|------|
| Momento flettente | M | 28.57 | kN m |
| Sforzo normale | N | 80 | kN |

Materiali

| | | | |
|---|----------------|--------------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo | R_{ck} | 37 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo | f_{ck} | 30.71 | N/mm ² |
| Modulo elastico del calcestruzzo | E_{cm} | 33019.43 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile cls | σ_{amm} | 16.9 | N/mm ² |
| Res. media a trazione cls | f_{ctm} | 3.4 | N/mm ² |
| Res. caratteristica a trazione cls | f_{ctk} | 2.3 | N/mm ² |
| Tensione di snervamento acciaio | f_{yk} | 450.00 | N/mm ² |
| Modulo elastico dell'acciaio | E_s | 200000.00 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile acciaio | σ_{amm} | 337.5 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |

Caratteristiche geometriche

| | | | | |
|--------------------------------|---------|-------------|-----------------|---|
| Altezza sezione | H | 76.4 | cm | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 7.70 | cm ² | 5 Ø 14 $C_{s1} =$ 7.7 cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{s2} =$ 8.4 cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{i2} =$ 8.4 cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 7.70 | cm ² | 5 Ø 14 $C_{i1} =$ 7.7 cm |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|-------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 0.6 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 12.4 | N/mm ² | < σ_{samm} |

| | | | | |
|--|------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità | e (M) | 35.8 | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | -2.4 | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 28.6 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 7856 | cm ² | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 3930999.159 | cm ⁴ | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id}^* | 1018745.943 | cm ⁴ | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-----|------|----------------------------|
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 252 | kN m | La sezione non è fessurata |
|---------------------------------------|--------------|-----|------|----------------------------|

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 55 di 59 |

- Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

Sollecitazioni

| | | | |
|-------------------|---|--------------|------|
| Momento flettente | M | 23.28 | kN m |
| Sforzo normale | N | 4 | kN |

Materiali

| | | | |
|---|-----------------|--------------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo | R_{ck} | 37 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo | f_{ck} | 30.71 | N/mm ² |
| Modulo elastico del calcestruzzo | E_{cm} | 33019.43 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile cls | σ_{Camm} | 16.9 | N/mm ² |
| Res. media a trazione cls | f_{ctm} | 3.4 | N/mm ² |
| Res. caratteristica a trazione cls | f_{ctk} | 2.3 | N/mm ² |
| Tensione di snervamento acciaio | f_{yk} | 450.00 | N/mm ² |
| Modulo elastico dell'acciaio | E_s | 200000.00 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile acciaio | σ_{samm} | 337.5 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |

Caratteristiche geometriche

| | | | | |
|--------------------------------|---------|-------------|-----------------|--|
| Altezza sezione | H | 30.7 | cm | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 7.70 | cm ² | 5 Ø 14 $C_{s1} = 7.7$ cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{s2} = 8.4$ cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{t2} = 8.4$ cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 7.70 | cm ² | 5 Ø 14 $C_{t1} = 7.7$ cm |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|--------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 3.7 | N/mm ² | < σ_{Camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 139.3 | N/mm ² | < σ_{samm} |

| | | | | |
|--|------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità | e (M) | 598.5 | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | 583.1 | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 6.5 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 3286 | cm ² | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 254633.6168 | cm ⁴ | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id}^* | 40752.66577 | cm ⁴ | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|---------------------------------------|--------------|----|------|----------------------------|
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 39 | kN m | La sezione non è fessurata |
|---------------------------------------|--------------|----|------|----------------------------|



PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA
DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2

IN50 – Nuovo tombino al km 28+286
Relazione di calcolo tombino Ø1500

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 56 di 59 |

10. INCIDENZA SCATOLARE

I valori delle incidenze di armatura lenta sono indicati nella seguente tabella:

| | |
|-------------------|-----------------|
| Piedritti | 50 kg/mc |
| Soletta superiore | 50 kg/mc |
| Soletta inferiore | 50 kg/mc |

Come previsto dall' Eurocodice (UNI EN 1992-1-1) per le piastre a portanza unidirezionale si raccomanda di prevedere un'armatura secondaria in quantità non minore del 20% dell'armatura principale.

Pertanto nel calcolo è stata considerata un' armatura longitudinale diffusa $\phi 12/20$ ed un incremento del 15% per tener conto della presenza di legature e spille.

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-----------|-------------|-----------|-----------|------|--------|------|----|------|-------------|---|----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2 | | | | | | | | | | | | |
| IN50 – Nuovo tombino al km 28+286 <i>Relazione di calcolo tombino Ø1500</i> | <table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE-ENTE</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RS3Z</td> <td>00</td> <td>D 26</td> <td>CLIN5000001</td> <td>B</td> <td>57 di 59</td> </tr> </table> | COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 57 di 59 |
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLIN5000001 | B | 57 di 59 | | | | | | | | |

11. DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2)

11.1 Tipo di analisi svolte

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

11.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo

Titolo: SAP2000 Ultimate

Versione: 21.0.2

Produttore: CSI Computers and Structures, Inc.

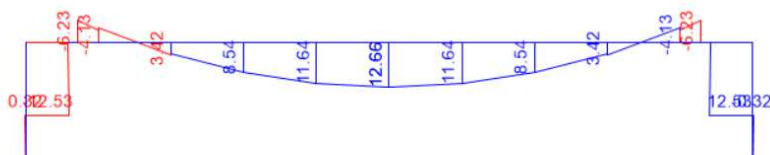
11.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a valutazione che ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali.

In particolare, è stato confrontato il valore del momento flettente in campata del solettone superiore con i rispettivi valori ottenuti per uno schema statico a trave appoggiata (limite superiore) e per uno schema a trave doppiamente incastrata (limite inferiore).

Come carico di confronto è stato utilizzato il carico permanente non strutturale $G_2=48.9$ kN/m.

La figura seguente mostra il momento flettente ottenuto dal modello agli elementi finiti utilizzato per le verifiche:



| | | | |
|---|-----------|-------------|-------|
| Calcolo analitico_trave appoggiata | | | |
| Carico uniformemente distribuito | G_2 | 48.9 | kN/m |
| Luce di calcolo | L | 1.8 | m |
| Momento in campata | $M_{1/2}$ | 19.80 | kNm/m |
| Calcolo analitico_trave incastrata | | | |
| Carico uniformemente distribuito | G_2 | 48.9 | kN/m |
| Luce di calcolo | L | 1.8 | m |
| Momento in campata | $M_{1/2}$ | 6.60 | kNm/m |
| SAP2000 | | | |
| Momento in campata | $M_{1/2}$ | 12.66 | kNm/m |
| Momento in campata_trave incastrata | | | |
| | Lim.Inf. | 6.60 | kNm/m |
| Momento in campata_SAP2000 | | | |
| | | 12.66 | kNm/m |
| Momento in campata_trave appoggiata | | | |
| | Lim.Sup. | 19.80 | kNm/m |
| Momento in campata_trave semi-incastrata | | | |
| | $M_{1/2}$ | 13.20 | kNm/m |
| Errore | e | 4.1% | |

Come si nota, il valore del momento restituito dal programma di calcolo cade all'interno dei valori limite ottenuti dai due schemi statici adottati. Il vincolo effettivo è quindi assimilabile ad un semi-incastro. Nella tabella precedente è riportato anche l'errore percentuale, in valore assoluto, tra il modello agli elementi finiti adottato e lo schema statico di trave con semi-incastri alle estremità.

Dal confronto numerico delle deformate e dello stato sollecitativo, si ritengono i risultati del calcolo congrui con le azioni applicate e la geometria del problema.

In base a quanto sopra, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto, i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.