

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

OPERE PRINCIPALI – SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL08C - Sottovia Intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Zona Svincolo Albenga

Relazione di calcolo scatolare

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

I V 0 I 0 0 D 2 6 C L S L 0 8 C 0 0 0 1 A

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------|-------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| A | Emissione esecutiva | K. Petrucci | Gen. 2022 | M. Severi | Gen. 2022 | G. Fadda | Gen. 2022 | A. Perego Gen. 2022 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

File: IV0100D26CLSL08C0001A.docx

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSA | 3 |
| 2. DESCRIZIONE..... | 4 |
| 3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 5 |
| 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 6 |
| 4.1 Calcestruzzo per magrone di sottofondazione..... | 6 |
| 4.2 Calcestruzzo per strutture scatolari..... | 6 |
| 4.3 Acciaio ordinario per calcestruzzo armato | 7 |
| 5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI | 9 |
| 5.1 Profondità della falda..... | 9 |
| 6. ANALISI DEI CARICHI | 10 |
| 6.1 Pesì propri..... | 10 |
| 6.2 Permanenti non strutturali..... | 10 |
| 6.3 Carichi mobili (carico stradale) | 10 |
| 6.4 Azione di frenamento (Q_3)..... | 11 |
| 6.5 Azione del sisma..... | 11 |
| 6.6 Ritiro del calcestruzzo | 13 |
| 6.7 Variazione termica..... | 13 |
| 6.8 Spinta statica del terreno..... | 14 |
| 6.9 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale | 15 |
| 6.10 Incremento di Spinta in condizione sismiche | 15 |
| 7. COMBINAZIONE DEI CARICHI..... | 16 |
| 8. VERIFICHE STRUTTURALI | 18 |
| 8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione..... | 18 |
| 8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio..... | 18 |
| 8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio..... | 20 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p> | | | | | |
| <p>SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare</p> | <p>COMMESSA IV01</p> | <p>LOTTO 00D26</p> | <p>CODIFICA CL</p> | <p>DOCUMENTO SL08C0001</p> | <p>REV. A</p> | <p>FOGLIO 2 di 65</p> |

| | |
|--|-----------|
| 9. VERIFICHE GEOTECNICHE | 21 |
| 10. ANALISI STRUTTURALE | 22 |
| 10.1 Modellazione strutturale : Scatolare | 22 |
| 10.2 Analisi dei carichi | 24 |
| 10.3 Combinazioni | 38 |
| 10.4 Sollecitazioni | 40 |
| 10.5 Verifiche strutturali | 47 |
| 10.5.1 Riepilogo armature | 47 |
| 10.5.2 Verifica soletta superiore | 48 |
| 10.5.3 Verifica piedritti | 53 |
| 10.5.4 Verifica soletta inferiore | 58 |
| 11. INCIDENZA SCATOLARE | 63 |
| 12. DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2) | 64 |
| 12.1 Tipo di analisi svolte | 64 |
| 12.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo | 64 |
| 12.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati | 64 |

| | | | | | | |
|--|---|------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|
|  <p>ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p> | | | | | |
| <p>SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare</p> | <p>COMMESSA IV01</p> | <p>LOTTO 00D26</p> | <p>CODIFICA CL</p> | <p>DOCUMENTO SL08C0001</p> | <p>REV. A</p> | <p>FOGLIO 3 di 65</p> |

1. PREMESSA

Nel presente documento, emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi al progetto definitivo del raddoppio della linea Genova – Ventimiglia nella tratta Finale Ligure – Andora, è riportato il calcolo strutturale del sottovia SL08C al km 84+766, in località Albenga.

L'ubicazione dell'opera lungo la tratta in questione è indicata in Figura 1.

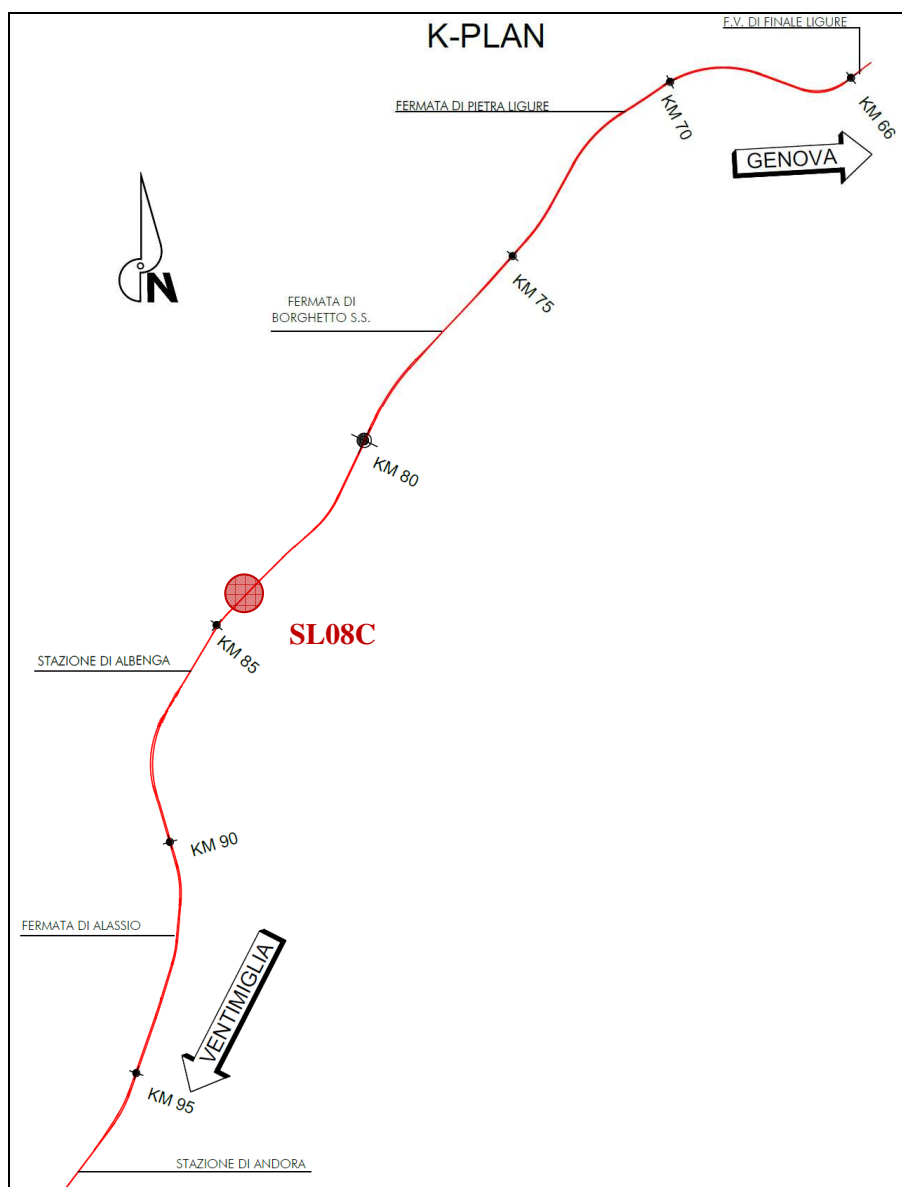


Figura 1: Raddoppio tratta Finale L. - Andora. Inquadramento dell'opera

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

2. DESCRIZIONE

La presente relazione ha per oggetto la verifica della sezione trasversale dell'opera scatolare SL08C utilizzabile per attraversamenti stradali, avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

| | | | | |
|--------------------------------|------|--|-------|---|
| Ricoprimento | | | | |
| Spessore pacchetto stradale | Hp | | 0.10 | m |
| Spessore del rinterro | Hr | | 0.11 | m |
| Geometria | | | | |
| Spessore soletta superiore | Ss | | 1.10 | m |
| Spessore soletta di fondazione | Sf | | 1.10 | m |
| Spessore piedritti | Sp | | 1.10 | m |
| Altezza netta | Hint | | 6.00 | m |
| Larghezza netta | Lint | | 11.00 | m |
| Lunghezza risvolti sol. inf. | Lr | | 0.00 | m |
| Lunghezza dello scatolare | L | | 34.87 | m |

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

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

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

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;
- UNI EN 1992-1-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1. Regole generali e regole per gli edifici”.
- UNI EN 1993-1-1 “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1. Regole generali e regole per gli edifici”.
- UNI EN 1997-1 “Progettazione geotecnica – Parte 1. Regole generali”.
- UNI EN 1998-1: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1. Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”.
- UNI EN 1998-5: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- UNI EN 206-1:2014: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.
- “Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.”.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 E -- Manuale di progettazione delle Opere Civili RFI - Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture
- RFI DTC SI PS SP IFS 001 E – Capitolato generale tecnico delle Opere Civili RFI – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e acciaio

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;

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 Calcestruzzo per magrone di sottofondazione

| 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 |

4.2 Calcestruzzo per strutture scatolari

| CALCESTRUZZO | | | | |
|---|---------------|----------------------|--|------------------|
| I calcestruzzi impiegati devono essere conformi alla UNI EN 206-1 ed alla UNI 11104 e rispondere alle seguenti prestazioni: | | | | |
| Campo d'impiego | | | | Scatolari |
| Classe di esposizione ambientale | | | | XC4 |
| Classe di resistenza calcestruzzo | | | | C32/40 |
| Classe di consistenza | | | | S4 |
| Rapporto acqua cemento massimo | a/c max | [-] | | 0.50 |
| Tipo di cemento | CEM | [-] | | III, IV, V |
| Contenuto minimo cemento | | [kg/m ³] | | 340 |
| Contenuto minimo di aria | | [%] | | - |
| Diametro massimo dell'aggregato | D_{upper} | [mm] | | 25 |
| Copriferro nominale | c_{nom} | [mm] | | 50 |
| Resistenza caratteristica cubica a 28gg | R_{ck} | [MPa] | | 40 |
| Resistenza caratteristica cilindrica a 28gg | f_{ck} | [MPa] | | 33.2 |
| Resistenza cilindrica media | f_{cm} | [MPa] | | 41.2 |
| Resistenza media a trazione semplice | f_{ctm} | [MPa] | | 3.1 |
| Resistenza caratteristica a trazione (fratt. 5%) | f_{ctk} | [MPa] | | 2.2 |
| Resistenza a trazione per flessione | f_{cfm} | [MPa] | | 3.7 |
| Modulo elastico istantaneo (secante a 0.4 f_{cm}) | E_{cm} | [MPa] | | 33643 |
| Coefficiente di dilatazione termica | α | [C ⁻¹] | | 1.0E-05 |
| Coeff. per condizioni di aderenza | η_1 | [-] | | 1.0 |
| Coeff. \emptyset barre per aderenza | η_2 | [-] | | 1.0 |
| Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza | f_{bk} | [MPa] | | 4.9 |
| | | | | |
| Coeff. riduttivo resistenze di lunga durata | α_{cc} | [-] | | 0.85 |
| Coeff. parziale di sicurezza | γ_c | [-] | | 1.50 |
| Resistenza di progetto a compressione | f_{cd} | [MPa] | | 18.8 |
| Resistenza di progetto a trazione | f_{ctd} | [MPa] | | 1.4 |
| Resistenza tangenziale di aderenza di progetto | f_{bd} | [MPa] | | 3.3 |

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

4.3 Acciaio ordinario per calcestruzzo armato

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili in barre ad aderenza migliorata e rispondente alle seguenti prescrizioni:

| | | | |
|---|----------------------------|----------------------|--------------|
| Tipo di acciaio | | | B450C |
| Tensione caratteristica di snervamento (min.) | f_{yk} | [MPa] | 450 |
| Tensione caratteristica a carico massimo (min.) | f_{tk} | [MPa] | 540 |
| Rapporto di sovreresistenza | $k=(f_t/f_y)_k$ | [-] | 1.20 |
| Massa volumica media | ρ_s | [kg/m ³] | 7850 |
| Modulo elastico | E_s | [MPa] | 200000 |
| Deformazione caratteristica a carico massimo | $\epsilon_{uk}=(A_{gt})_k$ | [%] | 7.50 |
| Coefficiente di dilatazione termica | α | [C ⁻¹] | 1.2E-05 |
| | | | |
| Coeff. parziale di sicurezza | γ_s | [-] | 1.15 |
| Resistenza di progetto | f_{yd} | [MPa] | 391.3 |
| Deformazione di progetto allo snervamento | ϵ_{vd} | [%] | 0.2 |
| Deformazione di progetto a carico massimo | ϵ_{ud} | [%] | 6.75 |

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 | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ |
| C25/30 | C35/45 | ordinario | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 | 30 | 30 | 35 |
| C30/37 | C40/50 | aggressivo | 25 | 30 | 30 | 35 | 35 | 40 | 40 | 45 |
| C35/45 | C45/55 | molto ag. | 35 | 40 | 40 | 45 | 45 | 50 | 50 | 50 |

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

Classe di esposizione: XC4

Copriferro di progetto: 50 mm

Condizioni ambientali: Aggressive

Il valore limite di apertura delle fessure calcolato secondo le combinazioni agli SLE (frequente e quasi permanente) è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

| Gruppi di Esigenze | Condizioni ambientali | Combinazione di azioni | Armatura | | | |
|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|------------|------------------|------------|
| | | | Sensibile | | Poco sensibile | |
| | | | Stato limite | w_k | Stato limite | w_k |
| A | Ordinarie | frequente | apertura fessure | $\leq w_2$ | apertura fessure | $\leq w_3$ |
| | | quasi permanente | apertura fessure | $\leq w_1$ | apertura fessure | $\leq w_2$ |
| B | Aggressive | frequente | apertura fessure | $\leq w_1$ | apertura fessure | $\leq w_2$ |
| | | quasi permanente | decompressione | - | apertura fessure | $\leq w_1$ |
| C | Molto aggressive | frequente | formazione fessure | - | apertura fessure | $\leq w_1$ |
| | | quasi permanente | decompressione | - | apertura fessure | $\leq w_1$ |

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Si prende a riferimento la relazione geotecnica generale, alla quale si rimanda per maggiori dettagli..

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

| Unità | γ | ϕ | c' | cu | E | Vs | v |
|-------|----------|--------|------|-----|-----|-----|------|
| - | kN/mc | ° | kPa | kPa | MPa | m/s | - |
| 1 | 19 | 28 | 0 | - | 10 | - | 0.3 |
| 2 | 20 | 34 | 0 | - | 30 | 210 | 0.25 |
| 3 | 20 | 25 | 5 | 50 | 5 | 400 | 0.3 |

| Unità | Descrizione | γ | ϕ | c' | cu | E | Vs | v |
|-------|--|----------|--------|------|-----|-----|-----|------|
| - | - | kN/mc | ° | kPa | kPa | MPa | m/s | - |
| 2 | Limo con sabbia fine moderatamente consistente | 20 | 34 | 0 | - | 40 | 210 | 0.25 |
| 3 | Sabbia con limo ghiaiosa addensata e ghiaia con sabbia limosa | 20 | 25 | 5 | 50 | 5 | 400 | 0.3 |
| CMV-c | Limo argilloso debolmente sabbioso da consistente a duro | 20.5 | 25 | 10 | 100 | 14 | 800 | 0.25 |
| CMV | Conglomerato con clasti poligenici ed eterometrici i matrice limo- | 20 | 35 | 0 | - | 50 | 800 | 0.3 |

Nel caso in cui il terreno spingente a tergo dei piedritti fosse il rilevato stradale si utilizzano i seguenti parametri geotecnici per determinarne l'azione:

$$\phi' = 35^\circ \text{ (angolo di attrito)}$$

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3 \text{ (peso specifico)}$$

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.

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

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 |
| Pacchetto stradale: | γ_{pac} | = 24.00 kN/m ³ |

6.2 Permanenti non strutturali

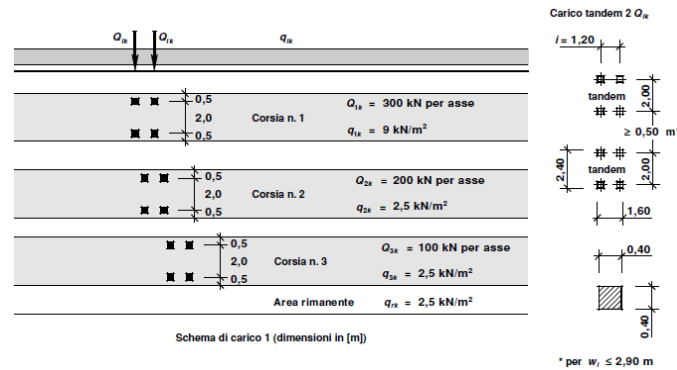
Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti sulla soletta superiore:

- Strato di usura;
- Binder;
- Strato di base;
- Strato di fondazione di inerti stabilizzati all'acqua e compattati.

6.3 Carichi mobili (carico stradale)

Utilizzato sia per le verifiche globali che per quelle locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Esso è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem (applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m) e da carichi uniformemente distribuiti secondo le seguenti colonne di carico:

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |



In senso trasversale i carichi Q_{ik} e q_{ik} sono distribuiti su corsie convenzionali di larghezza pari a 3,00 m in modo tale da ottenere la distribuzione trasversale più gravosa.

6.4 Azione di di frenamento (Q_3)

La forza di frenamento o accelerazione è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 e per i ponti di 1^a categoria è uguale a:

$$180 \text{ kN} \leq Q_3 = 0,6 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0,10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

Tale azione deve essere applicata all'impalcato a quota pavimentazione.

6.5 Azione del sisma

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

- Classe d'uso: IV
- Coefficiente d'uso $C_U = 2.0$
- 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: 8.17574 LATITUDINE: 44.06587


Ricerca per comune

REGIONE: Emilia-Romagna PROVINCIA: Rimini COMUNE: Cattolica

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

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N : 75 info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U : 2 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R : 150 info


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

Stati limite di esercizio - SLE: SLO - $P_{VR} = 81\%$ (90), SLD - $P_{VR} = 63\%$ (151)

Stati limite ultimi - SLU: SLV - $P_{VR} = 10\%$ (1424), SLC - $P_{VR} = 5\%$ (2475)

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

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO:
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie
 - - - - - Strategia extra

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

Di seguito si riportano i parametri di definizione dell'azione:

Parametri indipendenti

| | |
|--------------|---------|
| STATO LIMITE | SLV |
| a_s | 0.205 g |
| F_p | 2.471 |
| T_c | 0.306 s |
| S_s | 1.197 |
| C_c | 1.394 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.197 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.142 s |
| T_C | 0.427 s |
| T_D | 2.422 s |

6.6 Ritiro del calcestruzzo

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati in accordo al §2.5.1.6.2 del Manuale di Progettazione, in particolare: “Per tali effetti si riporta il contenuto del §5.2.2.10.2 del DM 17.01.2018. I coefficienti di ritiro e viscosità finali, salvo sperimentazione diretta, sono quelli indicati rispettivamente nei §§ 11.2.10.6 e 11.2.10.7”. Per cui ai fini delle verifiche sono stati impiegati i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC 2018. 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.

6.7 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:

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

| | | | | | | |
|--|---|----------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A | FOGLIO 14 di 65 |

6.8 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.

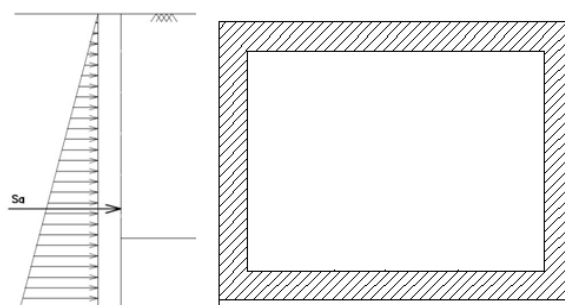


Figura 6.1 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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.

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

6.9 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.

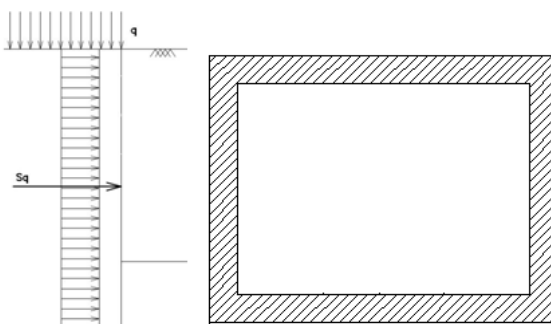


Figura 6.2– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

6.10 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 $H/2$.

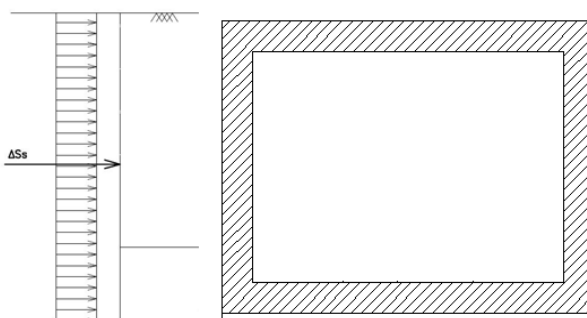


Figura 6.3– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

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):

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

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si devono considerare, generalmente, le combinazioni riportate in Tab. 5.1.IV.

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

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

Tab. 1 – Valutazione dei carichi da traffico

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

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 ¹⁰ | A1 | A2 |
|--|-------------|---|---------------------|---------------------|------|
| Azioni permanenti g_1 e g_3 | favorevoli | γ_{G1} e γ_{G3} | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,10 | 1,35 | 1,00 |
| Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2 | favorevoli | γ_{G2} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Azioni variabili da traffico | favorevoli | γ_Q | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,35 | 1,35 | 1,15 |
| Azioni variabili | favorevoli | γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Distorsioni e presollecitazioni di progetto | favorevoli | γ_{t1} | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,00 ⁽³⁾ | 1,00 ⁽⁴⁾ | 1,00 |
| Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari | favorevoli | γ_{t2} , γ_{t3} , γ_{t4} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,20 | 1,20 | 1,00 |

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

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

Tab. 3 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

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:

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

- 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":

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

| | | | | | | |
|---|---|------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p> | | | | | |
| <p>SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare</p> | <p>COMMESSA IV01</p> | <p>LOTTO 00D26</p> | <p>CODIFICA CL</p> | <p>DOCUMENTO SL08C0001</p> | <p>REV. A</p> | <p>FOGLIO 19 di 65</p> |

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;

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

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

A_{sv} 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_{fd} è la resistenza di progetto a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($\nu=0.5$);

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

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

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:

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} \text{ per combinazione di carico quasi permanente;}$$

$$\sigma_s < 0.80 f_{yk} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara).}$$

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

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

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

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

| | | | | | | |
|--|---|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A | FOGLIO 21 di 65 |

9. VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche geotecniche sono state omesse in quanto in corrispondenza dello scatolare il terreno si trova in condizioni meno gravose delle zone limitrofe. Inoltre, lo scavo e la successiva costruzione di una struttura “vuota” sottopongono il terreno a tensioni inferiori a quelli precedentemente presenti.

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

10. 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 \emptyset dello scatolare rispetto alla linea ferroviaria il calcolo è stato eseguito analizzando sempre una striscia di larghezza unitaria ortogonale all'asse longitudinale dello scatolare, ipotizzando una coerente disposizione delle armature di forza trasversali.

Convenzione assi

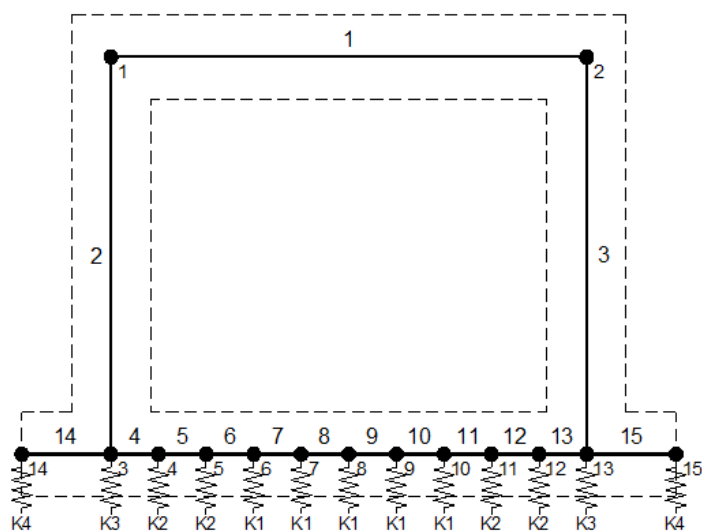
x = asse trasversale dello scatolare

y = asse longitudinale dello scatolare

z = asse verticale dello scatolare

10.1 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 soletta inferiore viene divisa in elementi per poter schematizzare, tramite molle applicate, l'interazione terreno- struttura.

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

Per la definizione delle precedenti costanti si è fatto riferimento alla caratterizzazione geotecnica a disposizione.

I valori di resistenza del terreno assunti nei calcoli che seguono sono quelli riferiti al primo strato della tabella riportata al paragrafo 5.

Per la rigidità delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale K_w pari a 391 kN/m^3 . Tale valore viene valutato tramite la teoria di Bowles, note le dimensioni della fondazione dell'opera e il modulo elastico del terreno di fondazione:

$$k_n = \frac{E}{(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

Dove:

| | |
|-------|---|
| E | modulo elastico del terreno |
| ν | coefficiente di Poisson |
| B | larghezza della fondazione |
| L | lato maggiore della fondazione |
| c_t | fattore di forma (Bowles, 1960) |
| K_w | coefficiente di sottofondo alla Winkler |

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle:

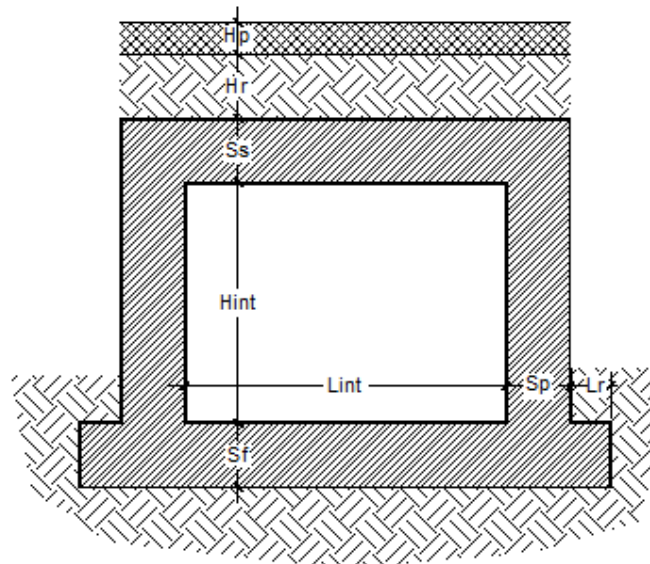
| Rigidezze molle | | | | |
|--|-------|--|-------|-------------------|
| Modulo elastico del terreno | E_t | | 10.00 | N/mm ² |
| Coefficiente di Poisson | ν | | 0.30 | - |
| Larghezza della fondazione | B | $B = L_r + S_p + L_{int} + S_p + L_r$ | 30.20 | m |
| Lato maggiore della fondazione | L | | 34.87 | m |
| Fattore di forma | c_t | | 0.93 | - |
| Terreno di fondazione - Costante di sottofondo | K_w | $K_w = E_t / (1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t$ | 391 | kN/m ³ |
| Interasse molle | i | $i = (S_p/2 + L_{int} + S_p/2) / 10$ | 1.21 | m |
| Molle centrali | K1 | $K_1 = K_w \cdot i$ | 474 | kN/m |
| Molle intermedie | K2 | $K_2 = 1.50 \cdot K_w \cdot i$ | 710 | kN/m |
| Molle laterali | K3 | $K_3 = 2.00 \cdot K_w \cdot (i/2 + S_p/2)$ | 904 | kN/m |
| Molle risolto | K4 | $K_4 = 1.50 \cdot K_w \cdot L_r$ | 0 | kN/m |

La rigidità 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.

10.2 Analisi dei carichi

Geometria

| Caratteristiche materiali e terreno | | | | |
|---|-----------|--|------------|-------------------|
| Calcestruzzo armato - Peso specifico | γ | | 25 | kN/m ³ |
| Calcestruzzo armato - Tipo | | | C32/40 | |
| Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica | R_{ck} | | 40 | N/mm ² |
| Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica | f_{ck} | | 33.2 | N/mm ² |
| Calcestruzzo armato - Modulo elastico | E | | 33600 | N/mm ² |
| Pacchetto stradale - Peso specifico | γ | | 24 | kN/m ³ |
| Terreno del rilevato - Peso specifico | γ | | 19 | kN/m ³ |
| Terreno del rilevato - Angolo di attrito | ϕ | | 35 | ° |
| Condizioni ambientali per ver. a fessurazione | | | aggressive | |
| Ricoprimento | | | | |
| Spessore pacchetto stradale | H_p | | 0.10 | m |
| Spessore del rinterro | H_r | | 0.11 | m |
| Geometria | | | | |
| Spessore soletta superiore | S_s | | 1.10 | m |
| Spessore soletta di fondazione | S_f | | 1.10 | m |
| Spessore piedritti | S_p | | 1.10 | m |
| Altezza netta | H_{int} | | 6.00 | m |
| Larghezza netta | L_{int} | | 11.00 | m |
| Lunghezza risvolti sol. inf. | L_r | | 0.00 | m |
| Lunghezza dello scatolare | L | | 34.87 | m |



Tab. 4: Geometria del modello

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

Azioni elementari applicate

| | | | | | | |
|--|-----------------|--|--|--------------|-------------------------|--|
| Carichi permanenti | | | | | | |
| Soletta superiore | | | | | | |
| Peso pacchetto stradale | Ps | $0.10 \cdot 24 =$ | | 2.40 | kN/m ² | |
| Peso del rinterro | Pr | $0.11 \cdot 19 =$ | | 2.09 | kN/m ² | |
| Totale | | | | 4.49 | kN/m² | |
| Risvolti soletta inferiore | | | | | | |
| Peso pacchetto stradale | Ps | - | | 0.00 | kN/m ² | |
| Peso del rinterro | Pr | - | | 0.00 | kN/m ² | |
| Totale | | | | 0.00 | kN/m² | |
| Carichi accidentali sulla copertura | | | | | | |
| Tandem | | | | | | |
| Ldiffusione x | | | | 1.60 | m | |
| Ldiffusione y | | | | 2.40 | m | |
| Impronta di carico x | Ld1 | $1.60 + 2 \cdot (0.10 + (0.11) \cdot \text{TAN}(35^\circ) + 1.10/2) =$ | | 2.99 | m | |
| Impronta di carico y | Ld2 | $2.40 + 2 \cdot (0.10 + (0.11) \cdot \text{TAN}(35^\circ) + 1.10/2) =$ | | 3.79 | m | |
| Impronta sull'impalcato | | $2.99 \cdot 3.79 =$ | | 11.36 | m ² | |
| carico q1 (totale) | | | | 600 | kN | |
| carico q1 (ripartito) | Q _{1k} | $600 / 11.36 =$ | | 52.82 | kN/m² | |
| Carico distribuito | | | | | | |
| | Ld3 | $3.00 + 2 \cdot (0.10 + (0.11) \cdot \text{TAN}(35^\circ) + 1.10/2) =$ | | 4.39 | m | |
| | q _{1k} | $9.00 \cdot (3.00 / 4.39) =$ | | 6.14 | kN/m² | |

Per il calcolo della lunghezza caratteristica si fa riferimento al Manuale di Progettazione Caso 5.3 pag. 41 di 481 Manuale Parte II - Sezione II - Ponti

| | | | | | |
|---|-----------------|--|--|--------------|-------------------------|
| Frenamento q3 | | | | | |
| q3 | q3 | $180 < 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w \cdot L < 900 \text{ kN}$ | | 90.04 | kN/m |
| Azione termica | | | | | |
| Variazione termica uniforme | ΔT_U | | | 15 | ° |
| Variazione termica a farfalla | ΔT_F | | | 5 | ° |
| Variazione termica uniforme di calcolo | ΔT_{U*} | $15 / 2 =$ | | 7.5 | ° |
| Variazione termica a farfalla di calcolo | ΔT_{F*} | $5 / 2 =$ | | 2.50 | ° |
| Ritiro (applicato alla soletta superiore) | | | | | |
| | ΔT_R | | | -10 | ° |
| Spinta del terreno | | | | | |
| K0 | | $1 - \text{sen}(35^\circ) =$ | | 0.426 | |
| Spinta alla quota di estradosso sol. sup. | p1 | $0.426 \cdot 4.49 =$ | | 1.91 | kN/m ² |
| Spinta in asse sol. sup. | p2 | $0.426 \cdot (4.49 + 19 \cdot 1.10/2) =$ | | 6.37 | kN/m² |
| Spinta in asse sol. inf. | p3 | $0.426 \cdot [4.49 + 19 \cdot (1.10/2 + 6.00 + 1.10/2)] =$ | | 63.90 | kN/m² |
| Spinta alla quota di intradosso sol. inf. | p4 | $0.426 \cdot [4.49 + 19 \cdot (1.10/2 + 6.00 + 1.10)] =$ | | 68.35 | kN/m ² |
| Spinta semispessore sol. sup. | F1 | $(1.91 + 6.37) / 2 \cdot 1.10 / 2$ | | 2.28 | kN/m |
| Spinta semispessore sol. inf. | F2 | $(63.90 + 68.35) / 2 \cdot 1.10 / 2$ | | 36.37 | kN/m |
| Spinta del carico accidentale | | | | | |
| Spinta dovuta al q1 | p | $0.426 \cdot (52.82 + 6.14) =$ | | 25.14 | kN/m² |
| Sisma orizzontale | | | | | |
| Stato limite | | Salvaguardia della vita - SLU - | | SLV | |
| Vita nominale | V_N | | | 75 | anni |
| Classe d'uso | C_U | | | IV | |
| Coefficiente C_U | C_U | | | 2 | |
| Periodo di riferimento | V_R | | | 150 | anni |
| accelerazione orizzontale | a_g/g | | | 0.206 | |
| amplificazione spettrale | F_o | | | 2.47 | |
| Categoria sottosuolo | | A, B, C, D, E | | B | |
| Coeff. Amplificazione stratigrafica | S_s | | | 1.196 | |
| Coeff. Amplificazione topografica | S_t | | | 1 | |
| Coefficiente S | S | $= S_s \cdot S_t$ | | 1.196 | |
| accelerazione orizzontale max | a_{max}/g | $= a_g/g \cdot S$ | | 0.246 | |
| Fattore di struttura | q | | | 1.00 | |
| Forza orizz. sul s. di cop. dovuta a perm+0.2acc. | FHs | $0.246 \cdot (1.10 \cdot 25 + 4.49 + 0.2 \cdot 19.21) / 1.00 =$ | | 8.83 | kN/m² |
| Forza orizz. sui piedritti | FHp | $0.246 \cdot (1.10 \cdot 25) / 1.00 =$ | | 6.78 | kN/m² |
| Spinta del terreno in fase sismica | | | | | |
| Coefficiente sismico orizzontale | k_h | $= a_{max}/g$ | | 0.246 | |
| Coefficiente sismico verticale | k_v | $= \pm 0.5 \cdot k_h$ | | 0.123 | |
| Risultante della spinta sismica | ΔS_E | $= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot [(H_{int} + S_s + S_f + H_r)^2]$ | | 323.4 | kN/m |
| Pressione risultante | Δp_E | $= \Delta S_E / [(H_{int} + S_s / 2 + S_f / 2)]$ | | 44.9 | kN/m² |

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

Seguono le schermate di applicazione dei principali carichi al modello:

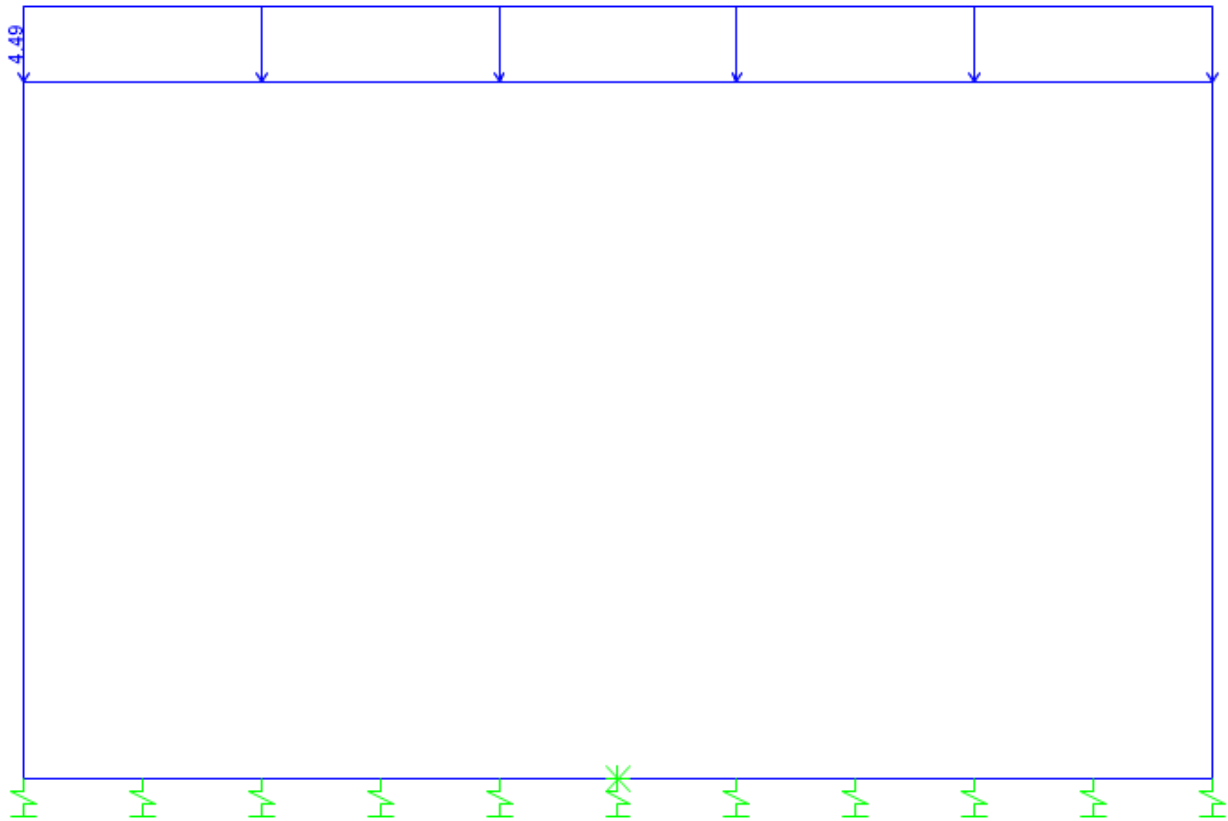


Figura 4: Condizione di carico PERM (kN/m/m)

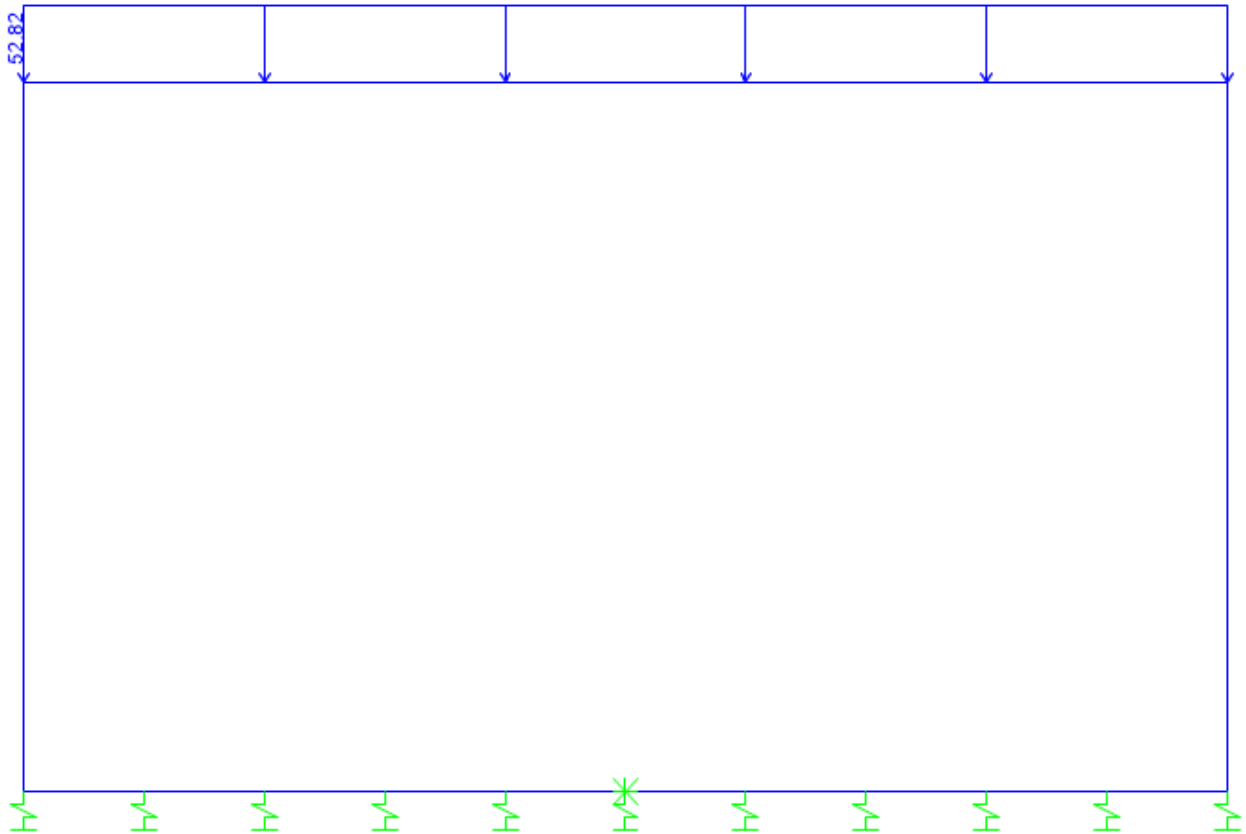


Figura 5: Condizione Q1- M(kN/m/m)

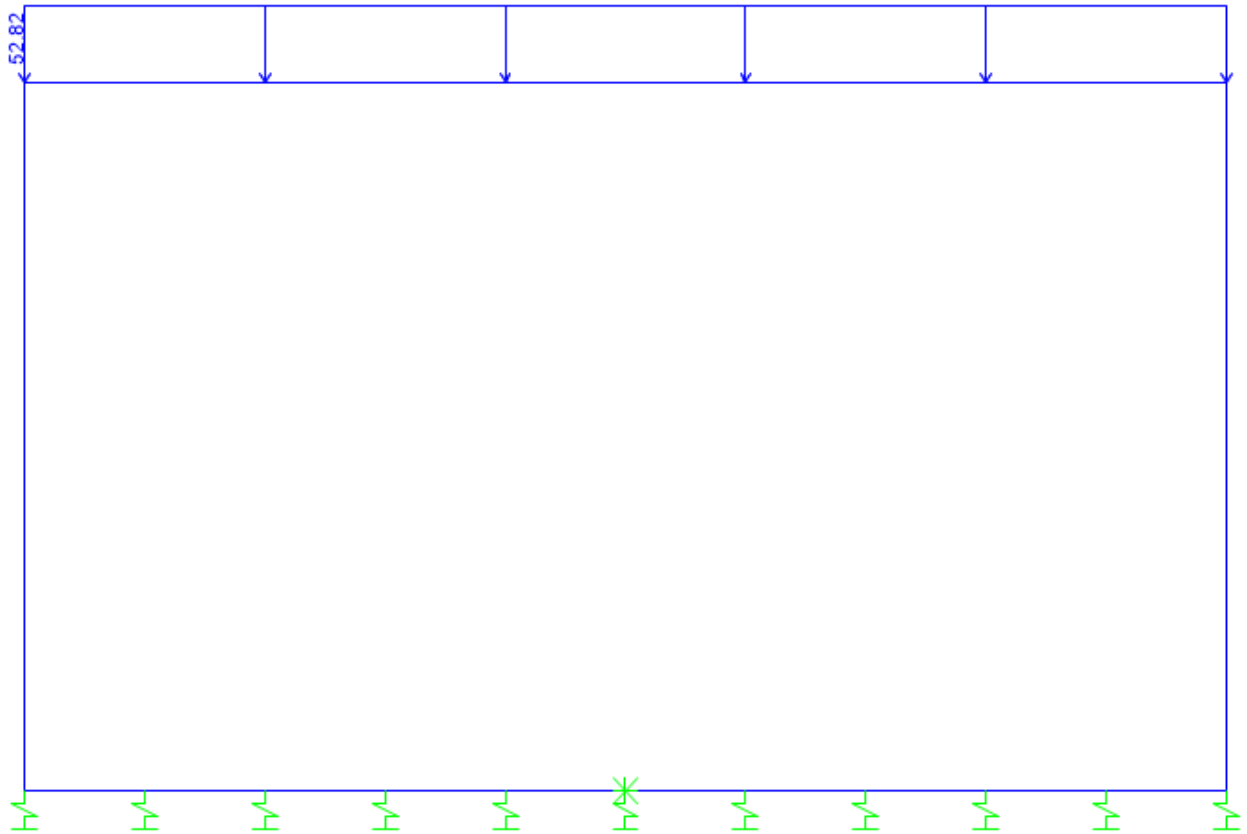


Figura 6: Condizione Q1- T(kN/m/m)

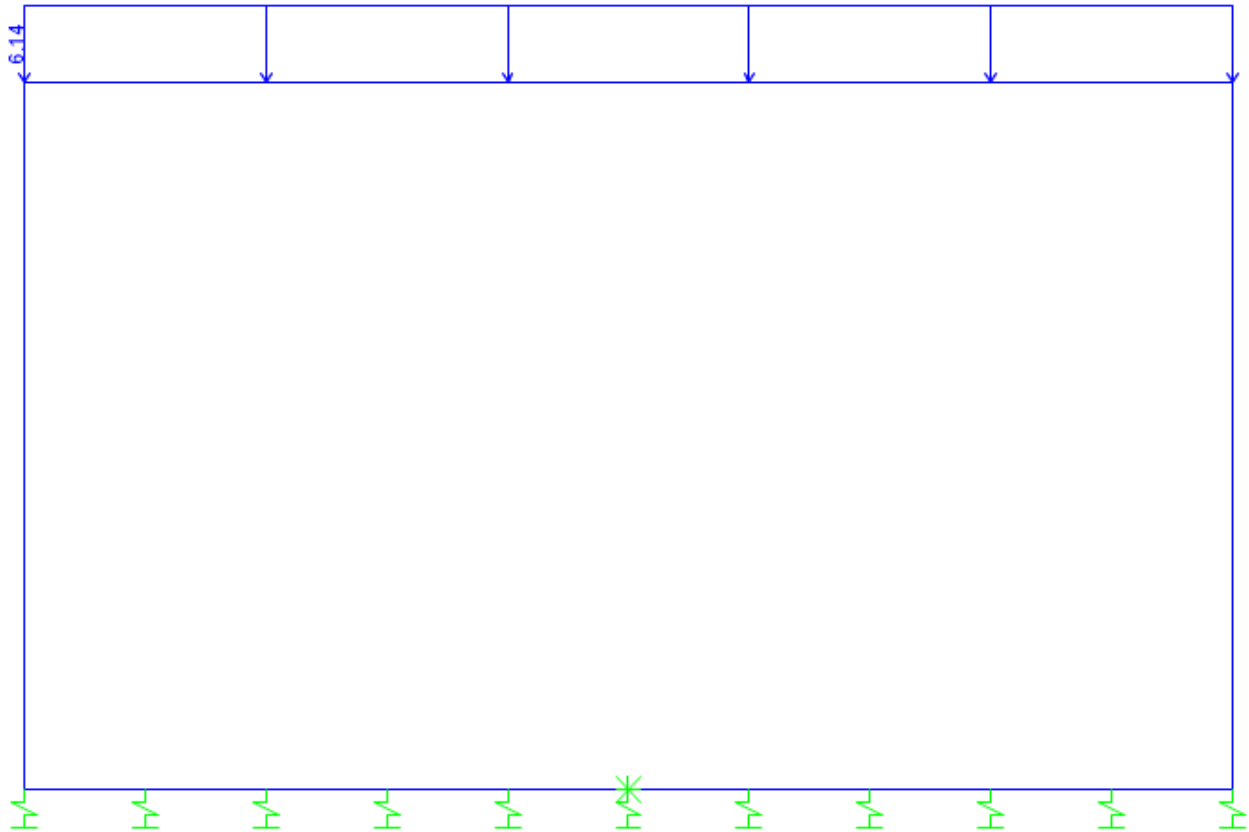


Figura 7: Condizione Q2 (kN/m/m)

SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 31 di 65 |

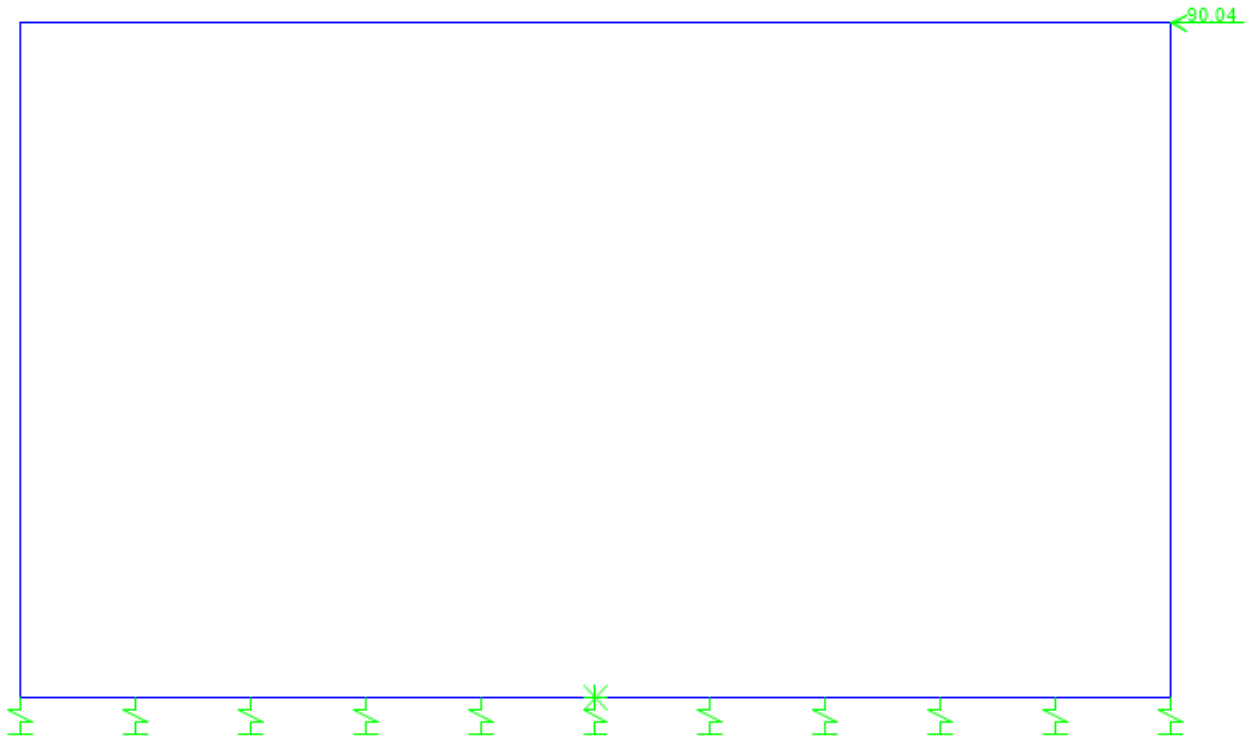


Figura 8: Condizione Q_3 (kN/m/m)

**SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata**
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 32 di 65 |

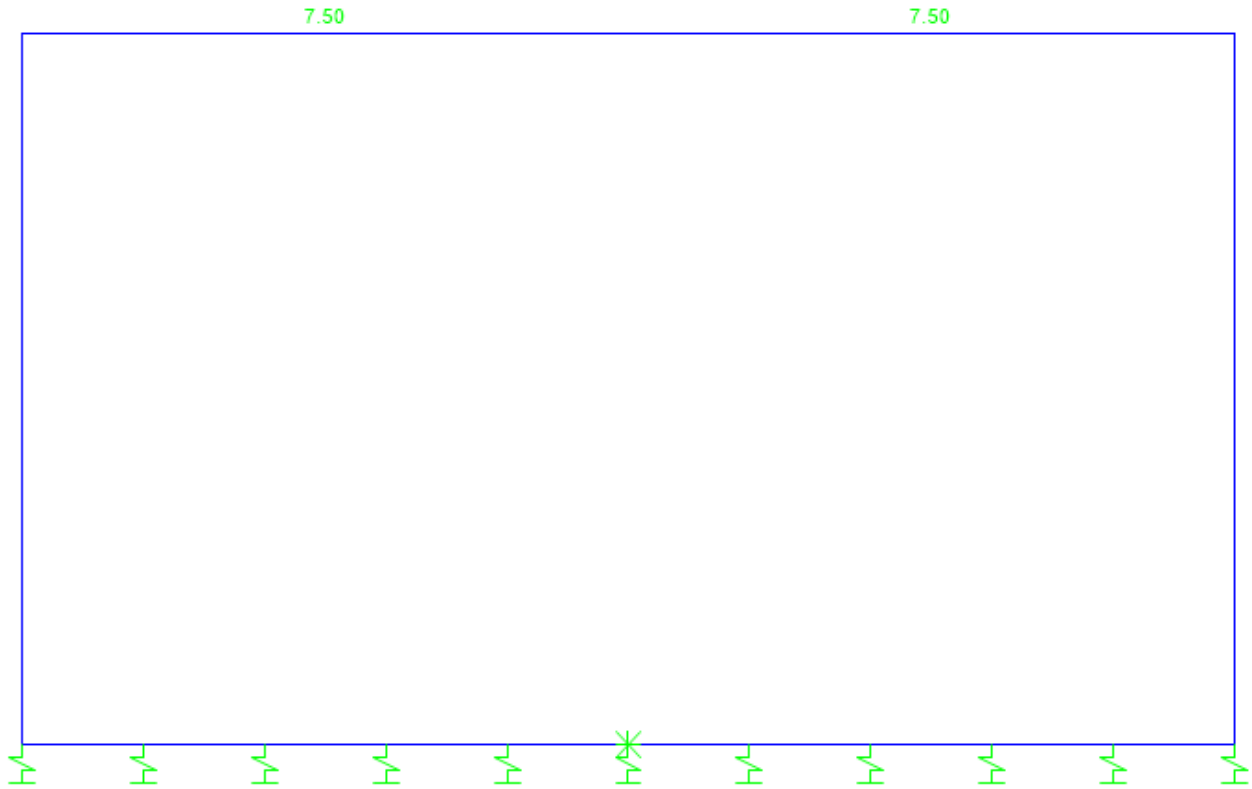


Figura 9: Condizione TERM (°C)

SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 33 di 65 |

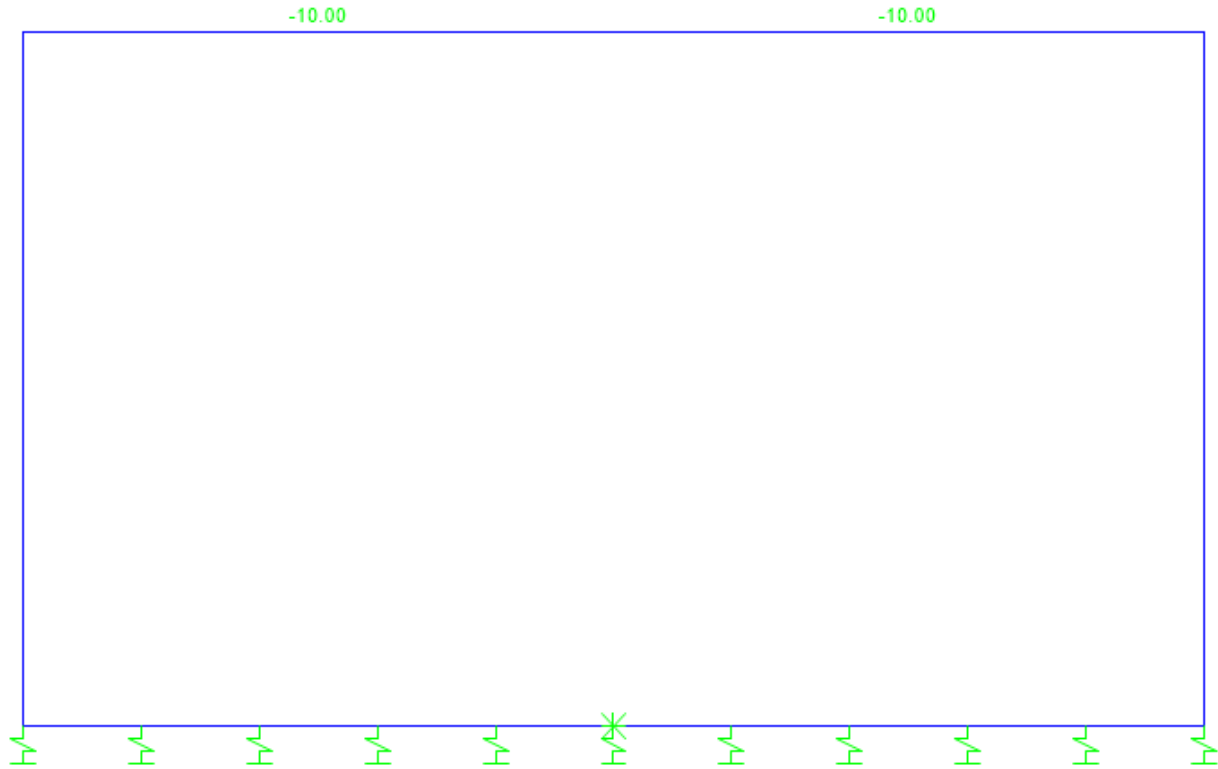


Figura 10: Condizione RITIRO (°C)

SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 34 di 65 |

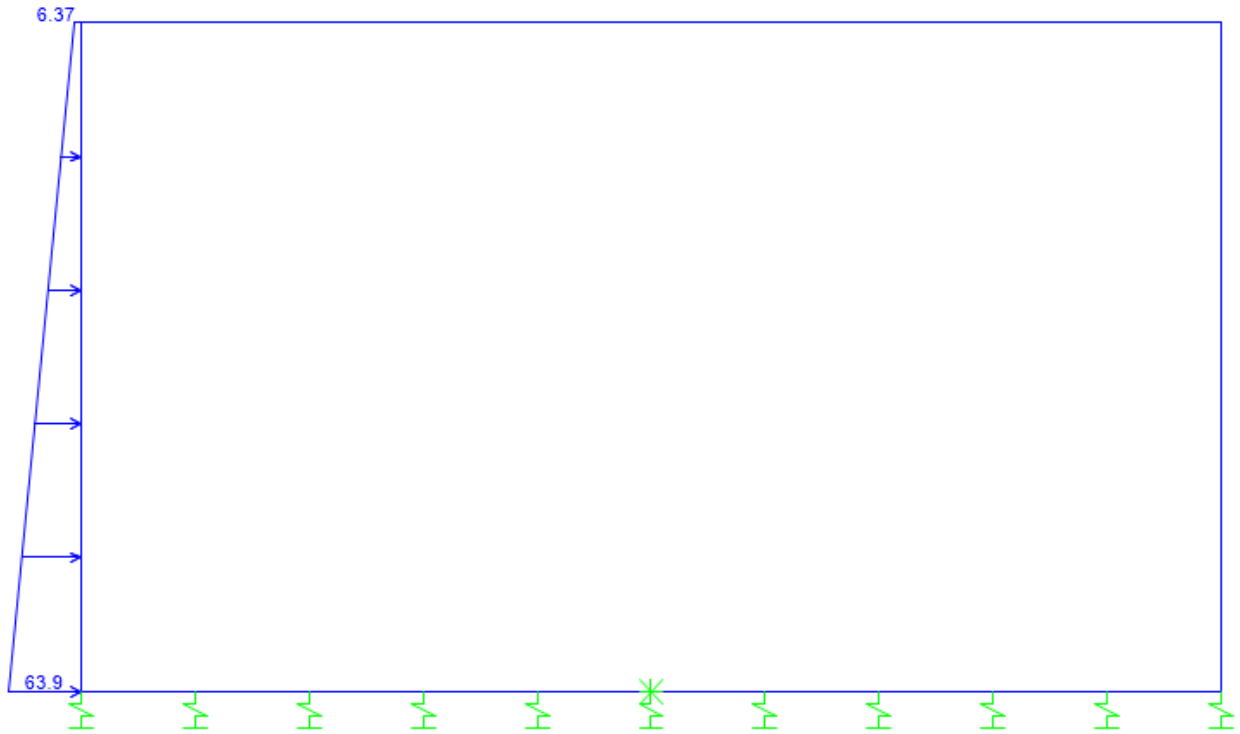


Figura 11: Condizione SPTSX (kN/m/m)

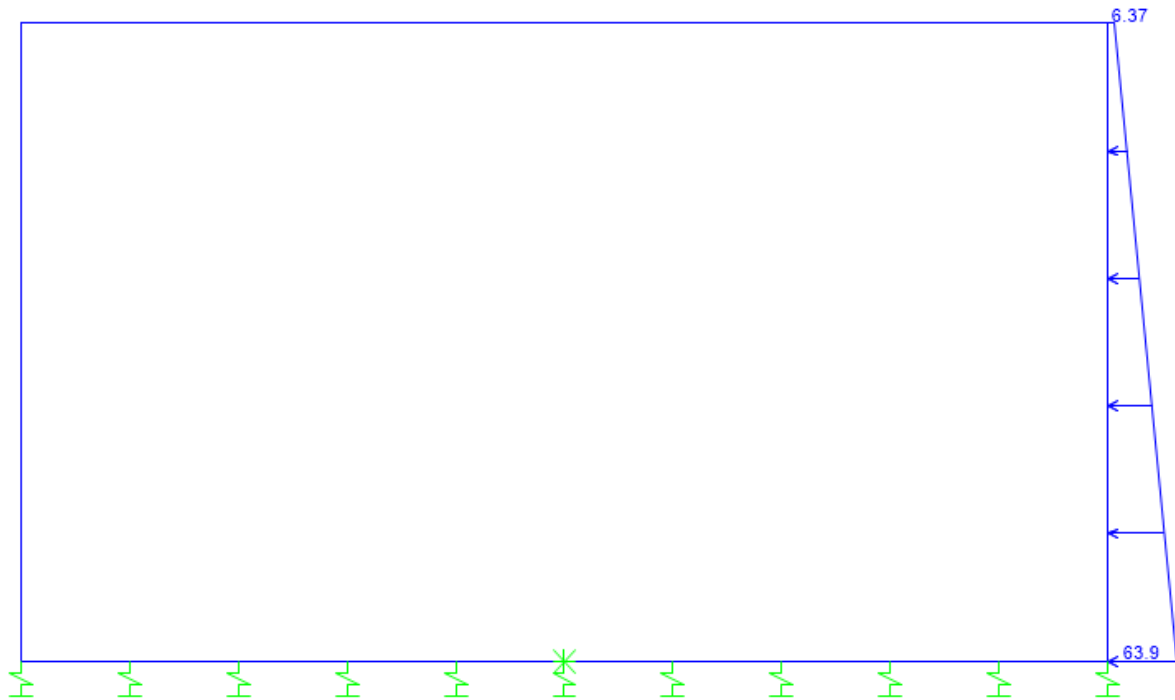


Figura 12: Condizione SPTDX (kN/m/m)

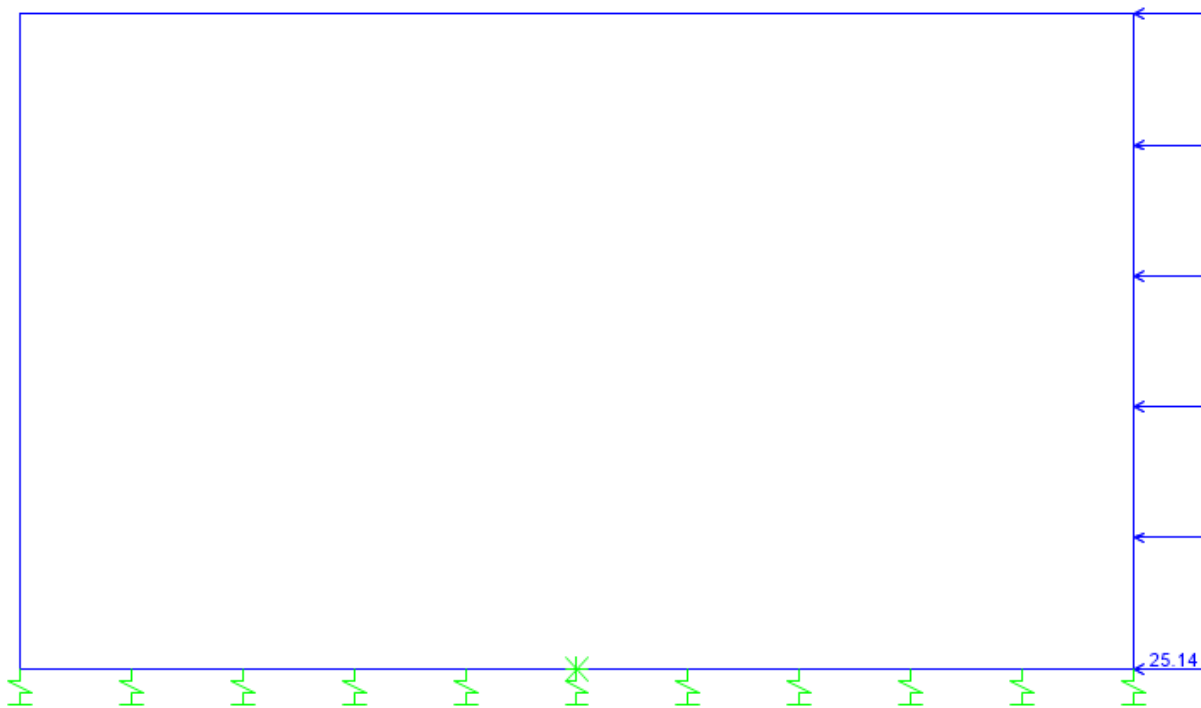


Figura 13: Condizione SPACCDX (kN/m/m)

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

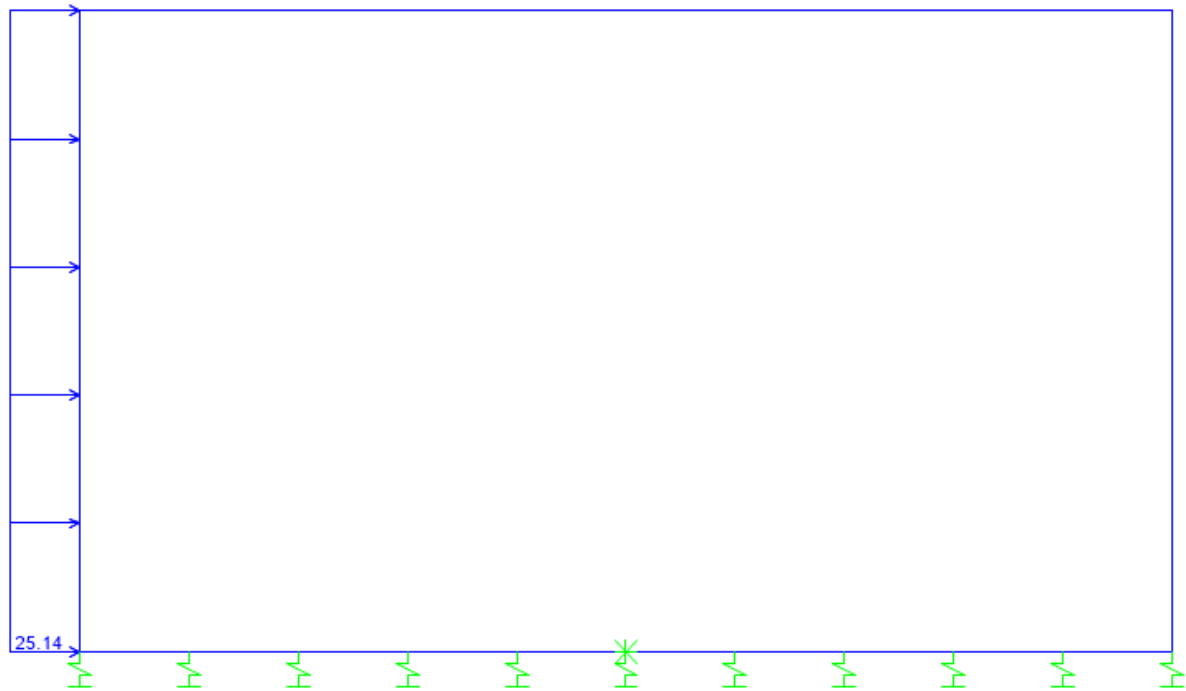


Figura 14: Condizione SPACCSX (kN/m/m)

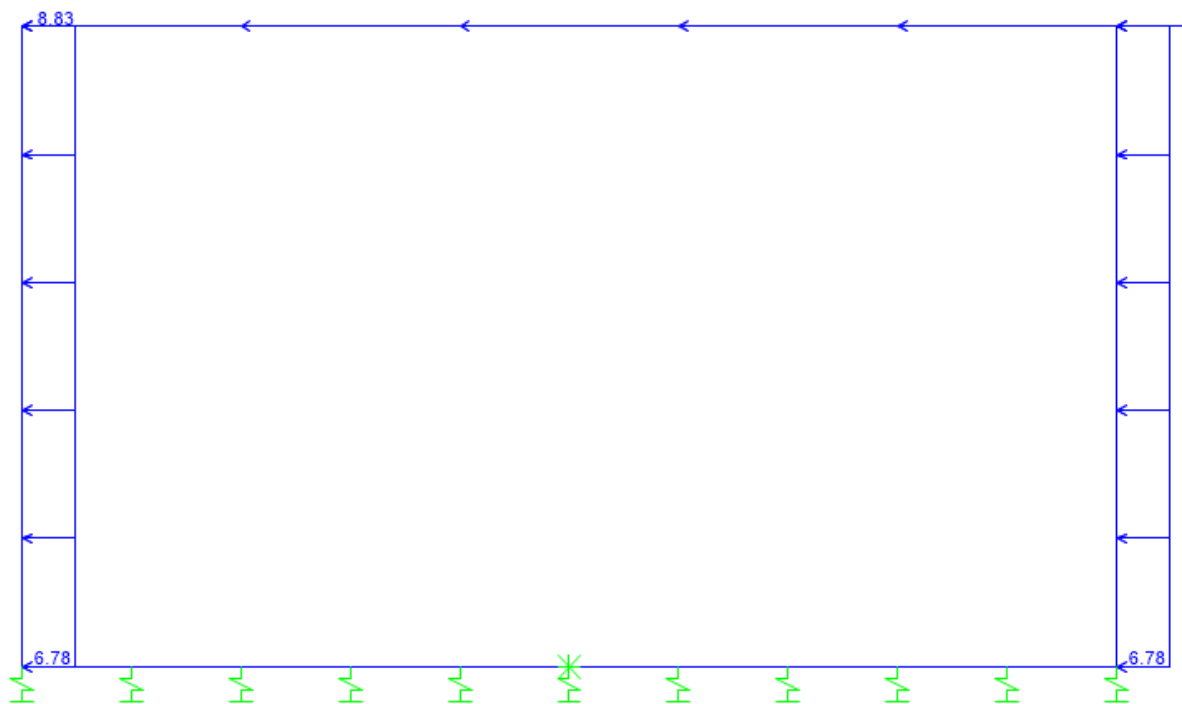


Figura 15: Condizione SISMAH (kN/m/m)

SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 37 di 65 |

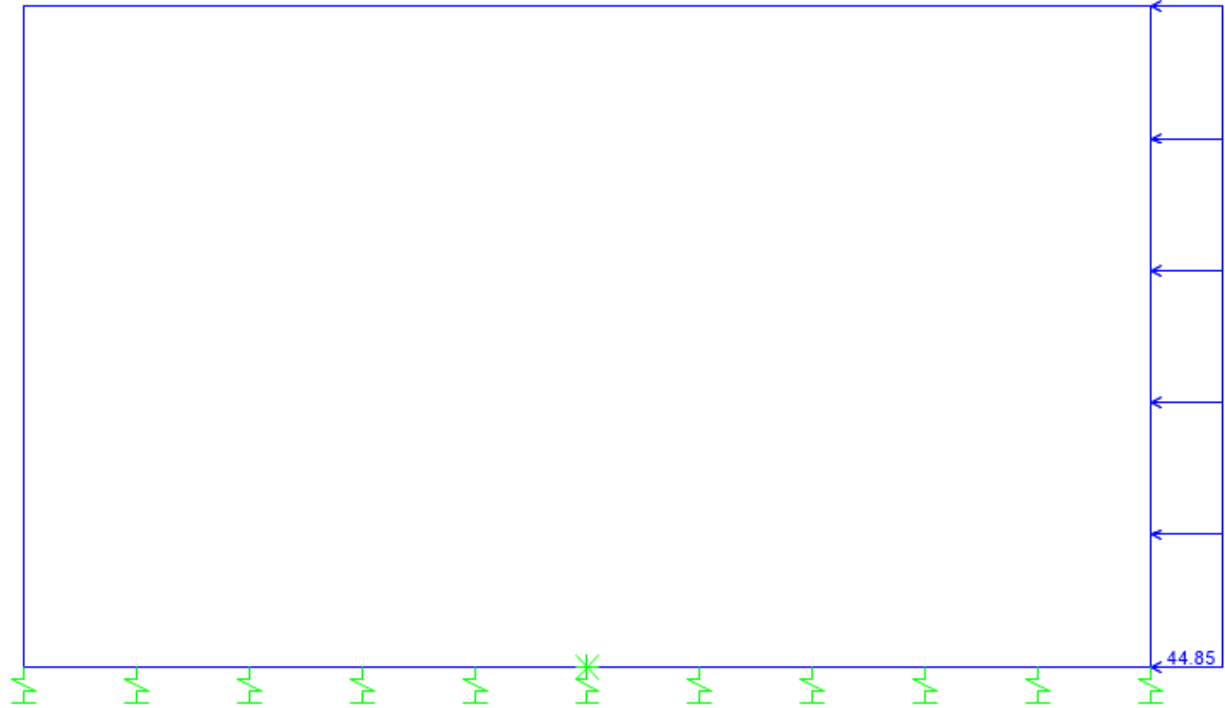


Figura 16: Condizione SPSDX (kN/m²)

**SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata**
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 38 di 65 |

10.3 Combinazioni

| N | PERM | PERM-G2 | Q1-M | Q1-T | Q2 | Q3 | SPTSX | SPTDX | SPACCSX | SPACCDX | TERM | RITIRO | SISMAH | SPSDX | |
|----|----------|---------|------|------|------|------|-------|-------|---------|---------|------|--------|--------|-------|-----|
| 01 | 01S1-11M | 1.35 | 1.50 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 02 | 02S1-11T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 03 | 03S1-12M | 1.35 | 1.50 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 04 | 04S1-12T | 1.35 | 1.50 | 0.00 | 1.35 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 05 | 05S1-13M | 1.35 | 1.50 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 06 | 06S1-13T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 07 | 07S1-14- | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 08 | 08S1-15- | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 09 | 09S1-21M | 1.35 | 1.50 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | -0.9 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | 10S1-21T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | -0.9 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | 11S1-22M | 1.35 | 1.50 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | -0.9 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 12 | 12S1-22T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | -0.9 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 13 | 13S1-23M | 1.35 | 1.50 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | -0.9 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 14 | 14S1-23T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | -0.9 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 15 | 15S1-24- | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | -0.9 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 16 | 16S1-25- | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.35 | -0.9 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 17 | 17S1T11M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 18 | 18S1T11T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 19 | 19S1T12M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.01 | 1.01 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 20 | 20S1T12T | 1.35 | 1.50 | 0.00 | 1.01 | 0.54 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.01 | 1.01 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 21 | 21S1T13M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.01 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 22 | 22S1T13T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.01 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 23 | 23S1T14- | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.01 | 1.01 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 24 | 24S1T15- | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.01 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 25 | 25S1T21M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | -1.5 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 26 | 26S1T21T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | -1.5 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 27 | 27S1T22M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.01 | 1.01 | -1.5 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 28 | 28S1T22T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.01 | 1.01 | -1.5 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 29 | 29S1T23M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.01 | -1.5 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 30 | 30S1T23T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.01 | -1.5 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 31 | 31S1T24- | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.01 | 1.01 | -1.5 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 32 | 32S1T25- | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.01 | -1.5 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 33 | 33S2-11M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 34 | 34S2-11T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 35 | 35S2-12M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.01 | 1.01 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 36 | 36S2-12T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.01 | 1.01 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 37 | 37S2-13M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.01 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 38 | 38S2-13T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.01 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 39 | 39S2-21M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | -0.9 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 40 | 40S2-21T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | -0.9 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 41 | 41S2-22M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.01 | 1.01 | -0.9 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 42 | 42S2-22T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.01 | 1.01 | -0.9 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 43 | 43S2-23M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.01 | -0.9 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 44 | 44S2-23T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.01 | -0.9 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 45 | 45S2T11M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 46 | 46S2T11T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 47 | 47S2T12M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.01 | 1.01 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 48 | 48S2T12T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.01 | 1.01 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 49 | 49S2T13M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.01 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 50 | 50S2T13T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.01 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 51 | 51S2T21M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | -1.5 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 52 | 52S2T21T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | -1.5 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 53 | 53S2T22M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.01 | 1.01 | -1.5 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 54 | 54S2T22T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 0.0 | 1.35 | 1.35 | 1.01 | 1.01 | -1.5 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 55 | 55S2T23M | 1.35 | 1.50 | 1.01 | 0.0 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.01 | -1.5 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 56 | 56S2T23T | 1.35 | 1.50 | 0.0 | 1.01 | 0.54 | 0.0 | 1.00 | 1.35 | 0.0 | 1.01 | -1.5 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 57 | 57SED1- | 1.00 | 1.00 | 0.20 | 0.00 | 0.20 | 0.0 | 0.70 | 1.00 | 0.0 | 0.2 | 0.5 | 0.0 | 1.0 | 1.0 |
| 58 | 58SED2- | 1.00 | 1.00 | 0.20 | 0.00 | 0.20 | 0.0 | 0.70 | 1.00 | 0.0 | 0.2 | -0.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

**SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata**
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 39 di 65 |

| N | PERM | PERM-G2 | Q1-M | Q1-T | Q2 | Q3 | SPTSX | SPTDX | SPACCSX | SPACCDX | TERM | RITIRO | SISMAH | SPSDX | |
|----|----------|---------|------|------|------|------|-------|-------|---------|---------|------|--------|--------|-------|-----|
| 59 | 59Q1-11- | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.70 | 0.70 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 60 | 60Q1-12- | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 61 | 61Q1-13- | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.70 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 62 | 62Q1-21- | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.70 | 0.70 | 0.0 | 0.0 | -0.5 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 63 | 63Q1-22- | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | -0.5 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 64 | 64Q1-23- | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.70 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | -0.5 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 65 | 65F1-11M | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 0.0 | 0.40 | 0.0 | 0.70 | 0.70 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 66 | 66F1-11T | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.75 | 0.40 | 0.0 | 0.70 | 0.70 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 67 | 67F1-12M | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 0.0 | 0.40 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 0.75 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 68 | 68F1-12T | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.75 | 0.40 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 0.75 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 69 | 69F1-13M | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 0.0 | 0.40 | 0.0 | 0.70 | 1.00 | 0.0 | 0.75 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 70 | 70F1-13T | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.75 | 0.40 | 0.0 | 0.70 | 1.00 | 0.0 | 0.75 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 71 | 71F1-14- | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 0.75 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 72 | 72F1-15- | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.70 | 1.00 | 0.0 | 0.75 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 73 | 73F1-21M | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 0.0 | 0.40 | 0.0 | 0.70 | 0.70 | 0.0 | 0.0 | -0.5 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 74 | 74F1-21T | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.75 | 0.40 | 0.0 | 0.70 | 0.70 | 0.0 | 0.0 | -0.5 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 75 | 75F1-22M | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 0.0 | 0.40 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 0.75 | -0.5 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 76 | 76F1-22T | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.75 | 0.40 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 0.75 | -0.5 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 77 | 77F1-23M | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 0.0 | 0.40 | 0.0 | 0.70 | 1.00 | 0.0 | 0.75 | -0.5 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 78 | 78F1-23T | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.75 | 0.40 | 0.0 | 0.70 | 1.00 | 0.0 | 0.75 | -0.5 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 79 | 79F1-24- | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 0.75 | -0.5 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 80 | 80F1-25- | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.70 | 1.00 | 0.0 | 0.75 | -0.5 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 81 | 81C025- | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 1.00 | 0.6 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 82 | 82C025- | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.0 | 1.00 | 0.0 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 1.00 | -0.6 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 83 | 83C025- | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 0.0 | 0.40 | 1.0 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.75 | 0.6 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 84 | 84C025- | 1 | 1.00 | 0.75 | 0 | 0.4 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0.75 | -0.6 | 1 | 0 | 0 |

dove:

- PERM** : carichi permanenti strutturali
- PERM-G2** : carichi permanenti non strutturali
- Q1k-M** : carichi da traffico concentrato (disposizione per massimizzare il momento)
- Q1K-T** : carichi da traffico concentrato (disposizione per massimizzare il taglio)
- Q2-M** : carichi da traffico distribuito (disposizione per massimizzare il momento)
- Q2-T** : carichi da traffico distribuito (disposizione per massimizzare il taglio)
- Q3** : azione longitudinale di frenamento
- SPTSx** : spinta del terreno sulla parete sx
- SPTDx** : spinta del terreno sulla parete dx
- SPACCSx** : spinta del carico accidentale sulla parete sx
- SPACCDx** : spinta del carico accidentale sulla parete dx
- TERM** : termica
- RITIRO** : ritiro
- SISMAH** : azione sismica
- SISDX** : incremento sismico della spinta del terreno

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

10.4 Sollecitazioni

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

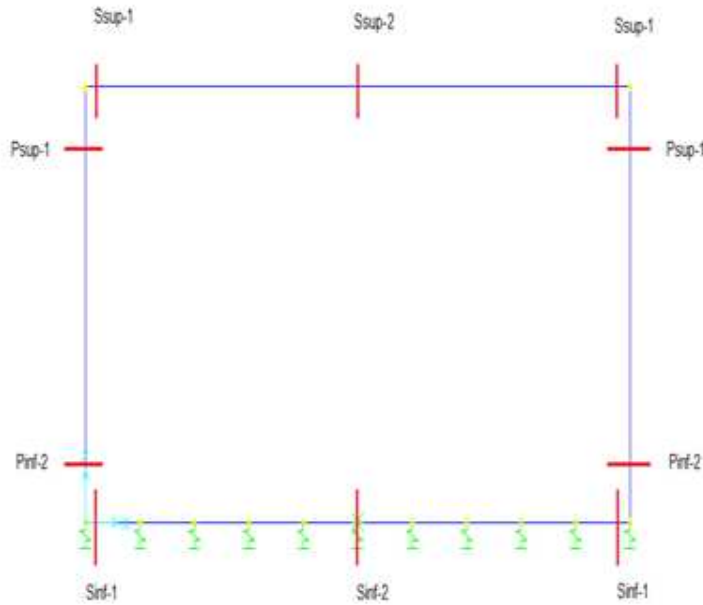


Figura 10.17 - Sezioni di verifica

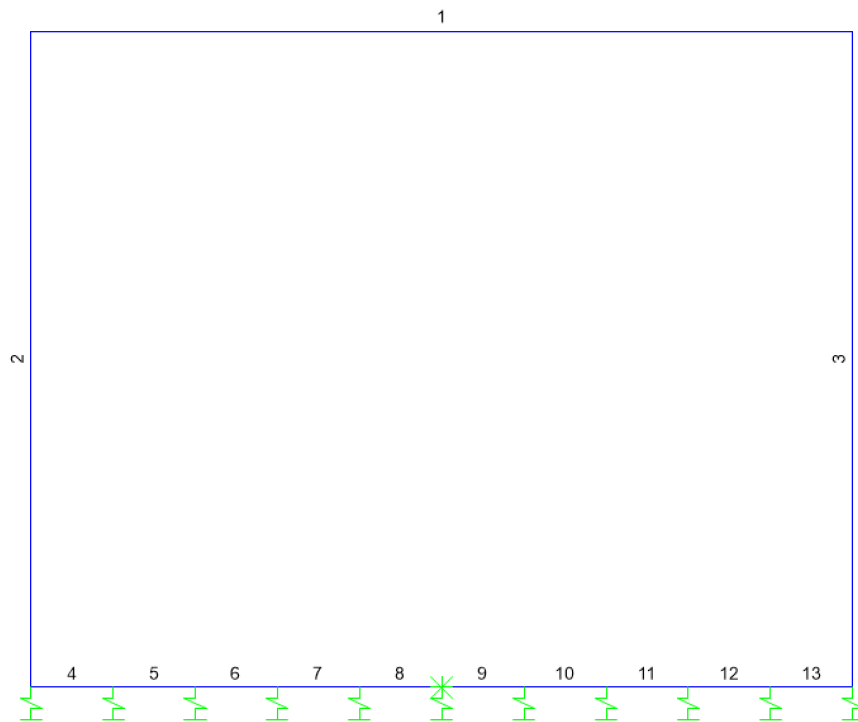


Figura 10.18 - Nomenclatura frame

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

Nelle successive immagini si riportano gli involuপি delle sollecitazioni ottenute dal modello di calcolo.

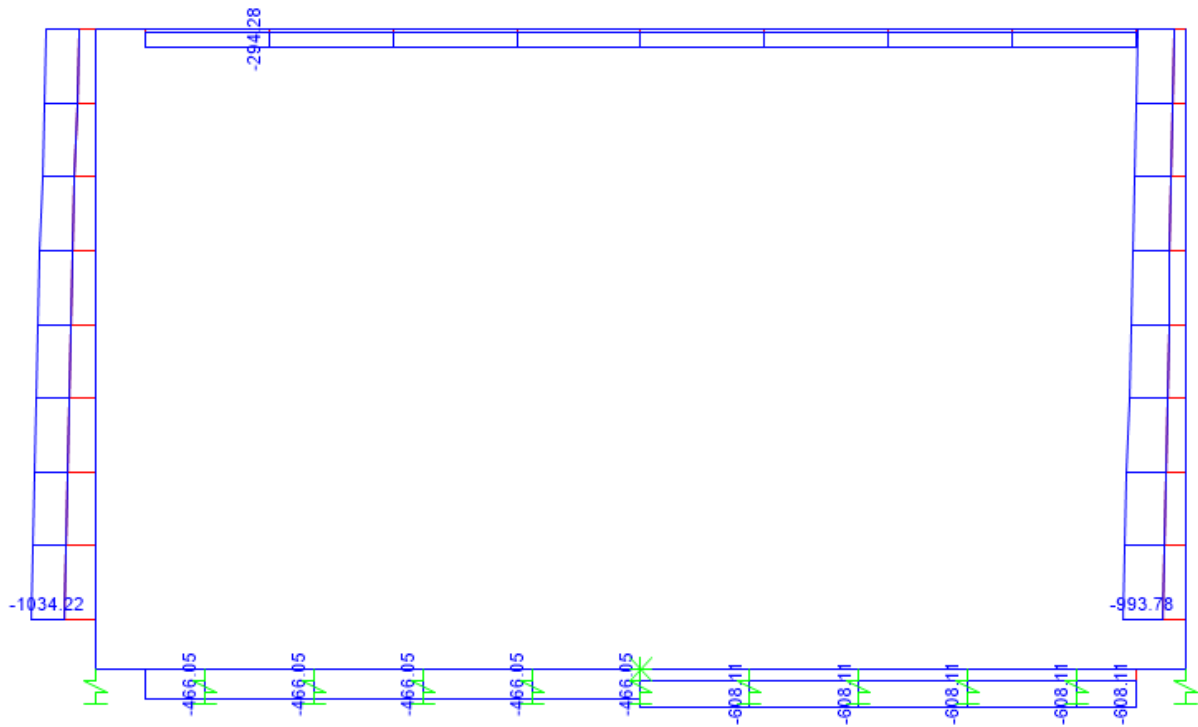


Figura 10.19 - Sforzo Normale – Involuppo SLU (KN)

**SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata**
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 42 di 65 |

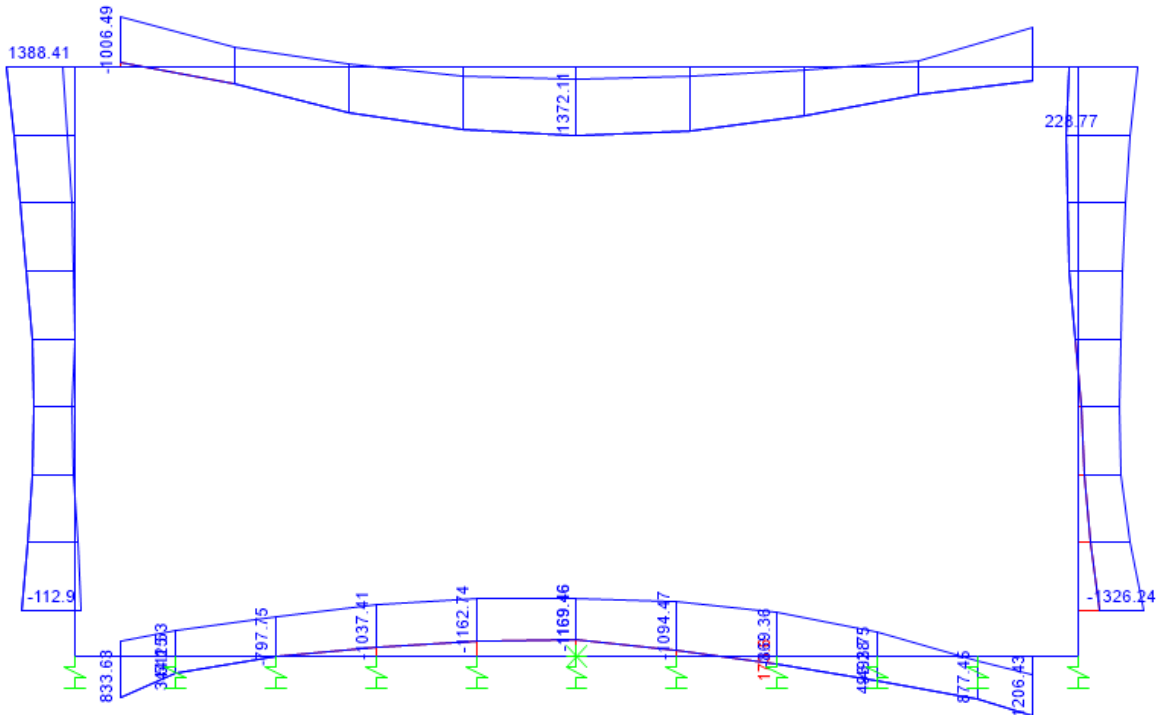


Figura 10.20 - Momento flettente – Involuppo SLU (KNm)

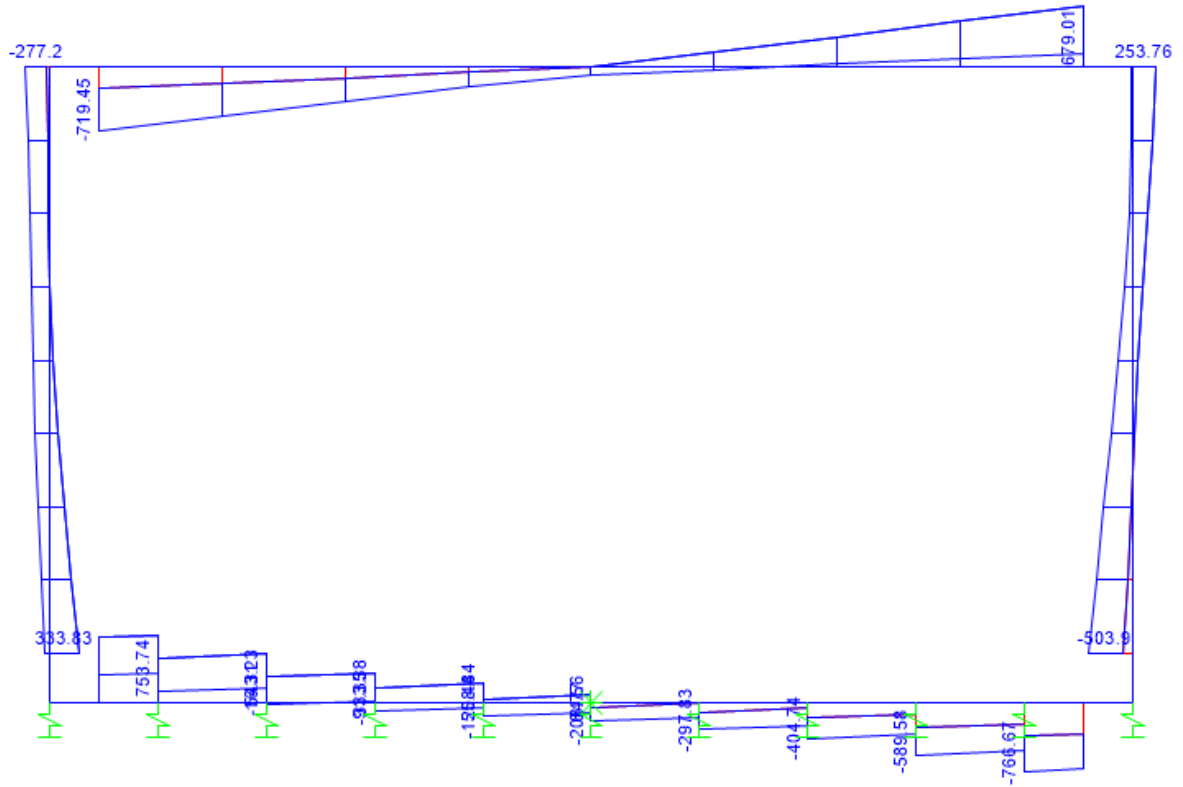


Figura 10.21 - Taglio – Involuppo SLU (kN)

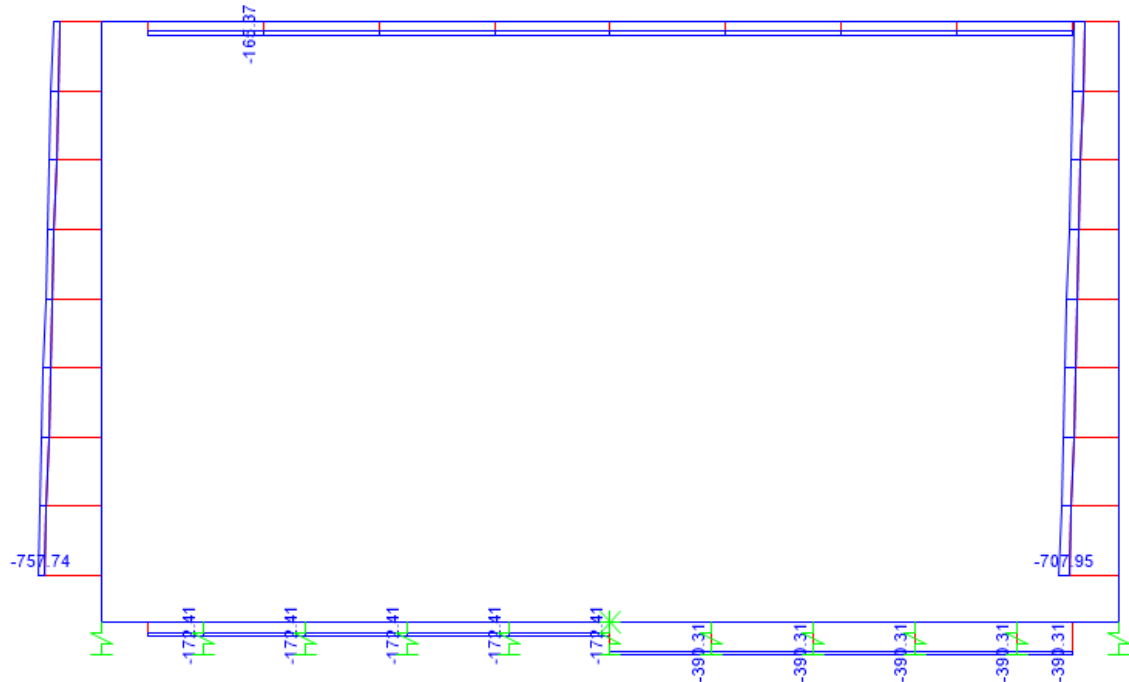


Figura 10.22 - Sforzo Normale – Inviluppo SLE – Rara (kN)

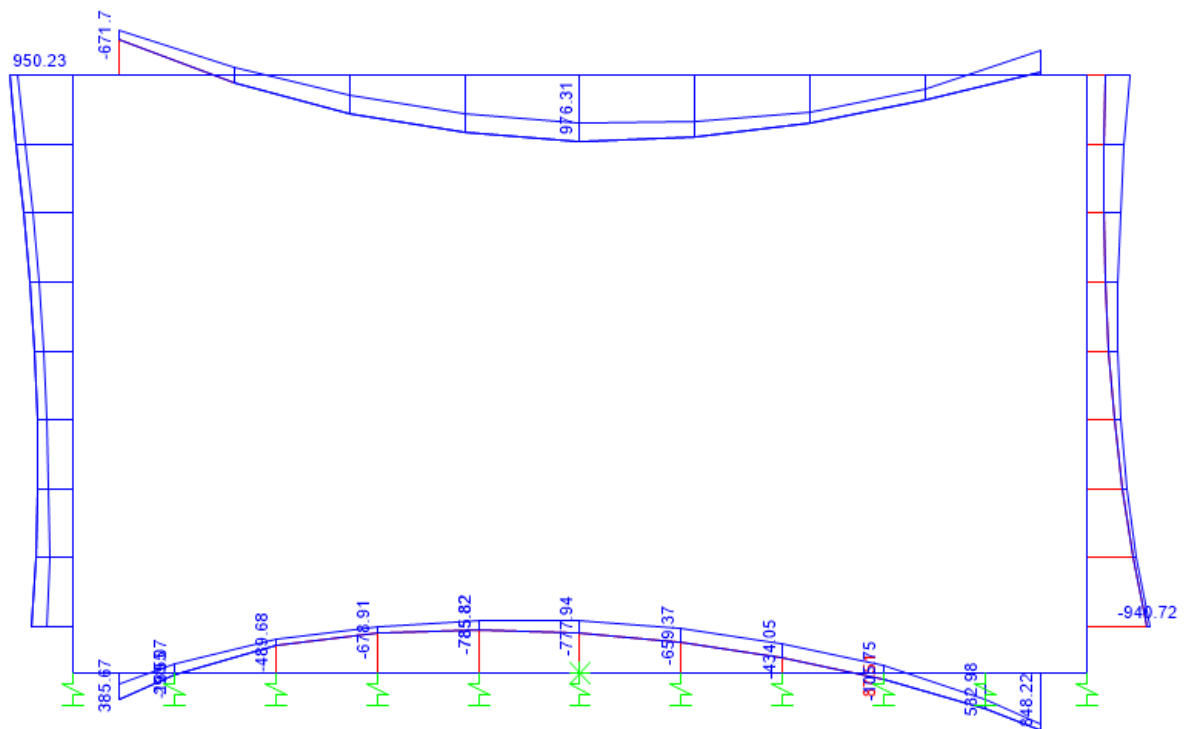


Figura 10.23 - Momento flettente – Inviluppo SLE – Rara (kNm)

**SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata**
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 45 di 65 |

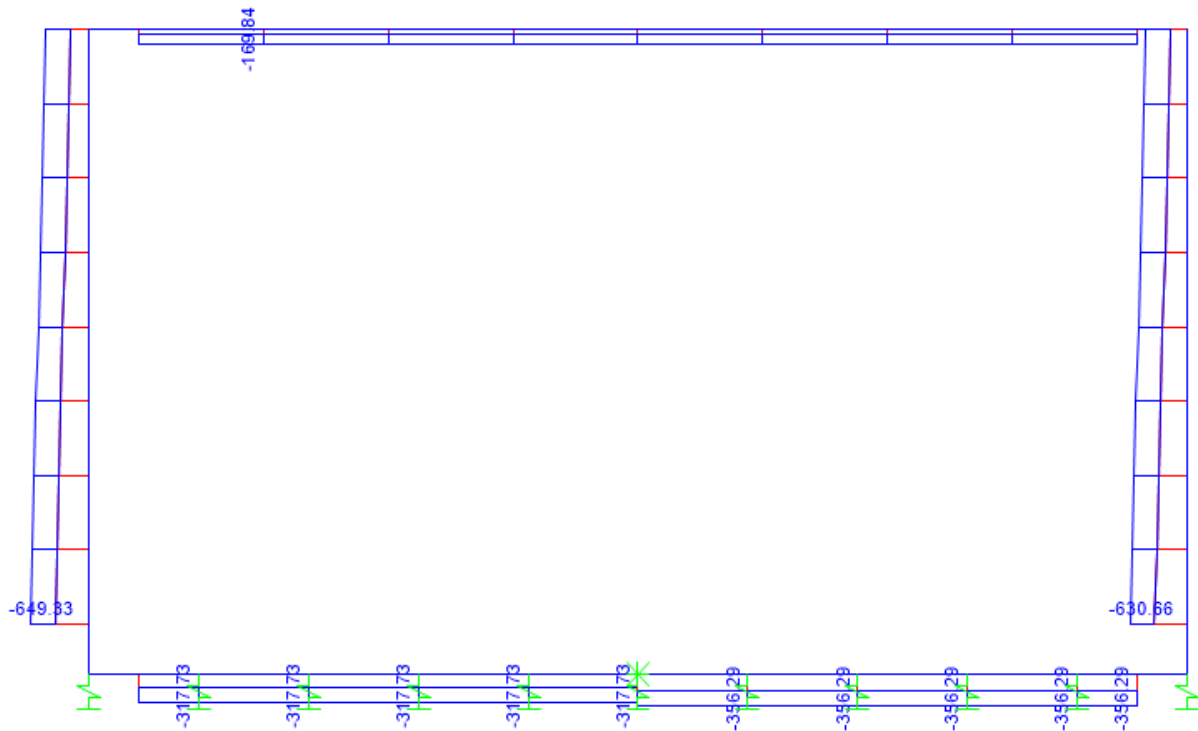


Figura 10.24 - Sforzo Normale – Involuppo SLE – Frequente (kN)

**SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata**
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 46 di 65 |

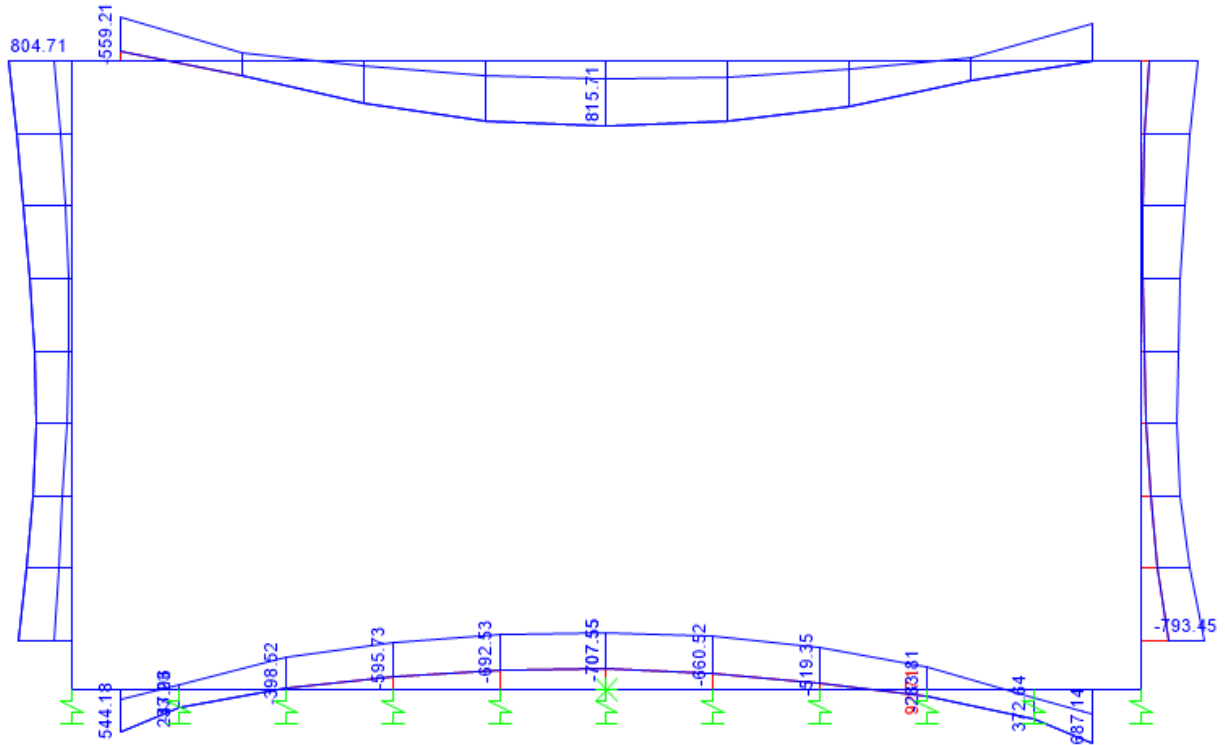


Figura 10.25 - Momento flettente – Inviluppo SLE – Frequente (kN)

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A |

10.5 Verifiche strutturali

10.5.1 Riepilogo armature

La tabella seguente mostra le armature di forza adottate nello scatolare con riferimento ad una striscia di 1m.

| | Arm. tesa | | Arm. comp. | |
|------------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| | 1° strato | 2° strato | 1° strato | 2° strato |
| Soletta superiore - Campata | 10 Ø26 | - | 5 Ø26 | - |
| Soletta superiore - Appoggio | 10 Ø26 | - | 5 Ø26 | - |
| Soletta inferiore - Campata | 10 Ø26 | - | 5 Ø26 | - |
| Soletta inferiore - Appoggio | 10 Ø26 | - | 5 Ø26 | - |
| Piedritto - Spiccato | 10 Ø26 | - | 10 Ø26 | - |
| Piedritto - Sommità | 10 Ø26 | - | 10 Ø26 | - |

L'armatura a taglio, laddove prevista, è indicata nella corrispondente verifica.

10.5.2 Verifica soletta superiore

- 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 | C32/40 |
| R_{ck} | 40 N/mm ² |
| f_{ck} | 33.2 N/mm ² |
| γ_c | 1.5 |
| f_{cd} | 22.1 N/mm ² |
| f_{cc} | 18.8 N/mm ² |

| | | |
|-------------|----|----|
| copriferro | 50 | mm |
| staffe | 10 | mm |
| armat. sec. | 14 | mm |

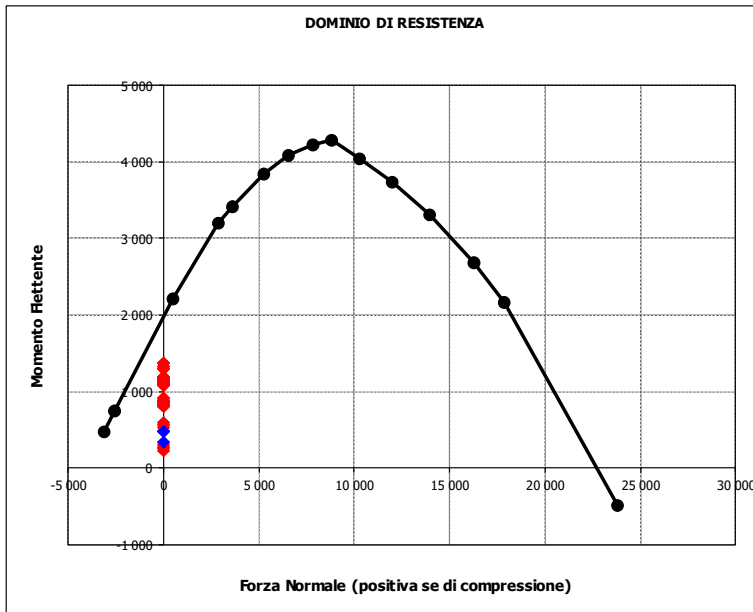
| Geometria della sezione | |
|------------------------------------|----------|
| Altezza geometrica della sezione h | 110 cm |
| Base della sezione b | 100 cm |
| Copriferro d' | 8.7 cm |
| Altezza utile della sezione d | 101.3 cm |

| Armatura tesa | | | |
|---------------|----------|--------------|-----------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 10 | 26 | 53.09 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 53.09 | cm² |

| Armatura compressa | | | |
|--------------------|----------|--------------|-----------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 5 | 26 | 26.55 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | 26.55 | cm² |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|----------|-----|------|
| Comb. | Nsd | Msd | |
| (Nmax) | 11M_6.05 | 0 | 1152 |
| (Nmin) | 11M_6.05 | 0 | 1152 |
| (Mmax) | 21M_6.05 | 0 | 1372 |
| (Mmin) | 14_6.05 | 0 | 230 |

| Caratteristiche di sollecitazione | | |
|-----------------------------------|-----|------|
| Comb. | Nsd | Msd |
| 01S1-11M | 0 | 1152 |
| 02S1-11T | 0 | 1152 |
| 03S1-12M | 0 | 1079 |
| 04S1-12T | 0 | 1079 |
| 05S1-13M | 0 | 1116 |
| 06S1-13T | 0 | 1116 |
| 07S1-14- | 0 | 272 |
| 08S1-15- | 0 | 308 |
| 09S1-21M | 0 | 1372 |
| 10S1-21T | 0 | 1372 |
| 11S1-22M | 0 | 1300 |
| 12S1-22T | 0 | 1300 |
| 13S1-23M | 0 | 1336 |
| 14S1-23T | 0 | 1336 |
| 15S1-24- | 0 | 492 |
| 16S1-25- | 0 | 529 |
| 17S1T11M | 0 | 865 |
| 18S1T11T | 0 | 865 |
| 19S1T12M | 0 | 806 |
| 20S1T12T | 0 | 806 |
| 21S1T13M | 0 | 835 |
| 22S1T13T | 0 | 835 |
| 23S1T14- | 0 | 230 |
| 24S1T15- | 0 | 259 |
| 25S1T21M | 0 | 1197 |
| 26S1T21T | 0 | 1197 |
| 27S1T22M | 0 | 1138 |
| 28S1T22T | 0 | 1138 |
| 29S1T23M | 0 | 1167 |
| 30S1T23T | 0 | 1167 |
| 31S1T24- | 0 | 562 |
| 32S1T25- | 0 | 591 |
| 33S2-11M | 0 | 921 |
| 34S2-11T | 0 | 921 |
| 35S2-12M | 0 | 862 |
| 36S2-12T | 0 | 862 |
| 37S2-13M | 0 | 892 |
| 38S2-13T | 0 | 892 |
| 39S2-21M | 0 | 1142 |
| 40S2-21T | 0 | 1142 |
| 41S2-22M | 0 | 1083 |
| 42S2-22T | 0 | 1083 |
| 43S2-23M | 0 | 1112 |
| 44S2-23T | 0 | 1112 |
| 45S2T11M | 0 | 865 |
| 46S2T11T | 0 | 865 |
| 47S2T12M | 0 | 806 |
| 48S2T12T | 0 | 806 |
| 49S2T13M | 0 | 835 |
| 50S2T13T | 0 | 835 |
| 51S2T21M | 0 | 1197 |
| 52S2T21T | 0 | 1197 |
| 53S2T22M | 0 | 1138 |
| 54S2T22T | 0 | 1138 |
| 55S2T23M | 0 | 1167 |
| 56S2T23T | 0 | 1167 |
| 57SED1- | 0 | 332 |
| 58SED2- | 0 | 469 |



• 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 | $\gamma_s = 1.15$ | |
| Resistenza di calcolo | $f_{yd} = 391$ | N/mm ² |
| Modulo elastico | $E_s = 205000$ | N/mm ² |
| | $\epsilon_{yd} = 0.00191$ | |

Calcestruzzo

| | | |
|------------|--------|-------------------|
| Tipo | C32/40 | |
| R_{ck} | 40 | N/mm ² |
| f_{ck} | 33.2 | N/mm ² |
| γ_c | 1.5 | |
| f_{cd} | 22.1 | N/mm ² |
| f_{ct} | 18.8 | N/mm ² |

| | | |
|-------------|----|----|
| copriferro | 50 | mm |
| staffe | 10 | mm |
| armat. sec. | 14 | mm |

Geometria della sezione

| | | |
|----------------------------------|-------------|----|
| Altezza geometrica della sezione | $h = 110$ | cm |
| Base della sezione | $b = 100$ | cm |
| Copriferro | $d' = 8.7$ | cm |
| Altezza utile della sezione | $d = 101.3$ | cm |

Armatura tesa

| N° ferri | Diametro | Area |
|----------|----------|-----------------------------|
| 10 | 26 | 53.09 cm ² |
| | | 0.00 cm ² |
| | | 0.00 cm ² |
| | | 53.09 cm² |

Armatura compressa

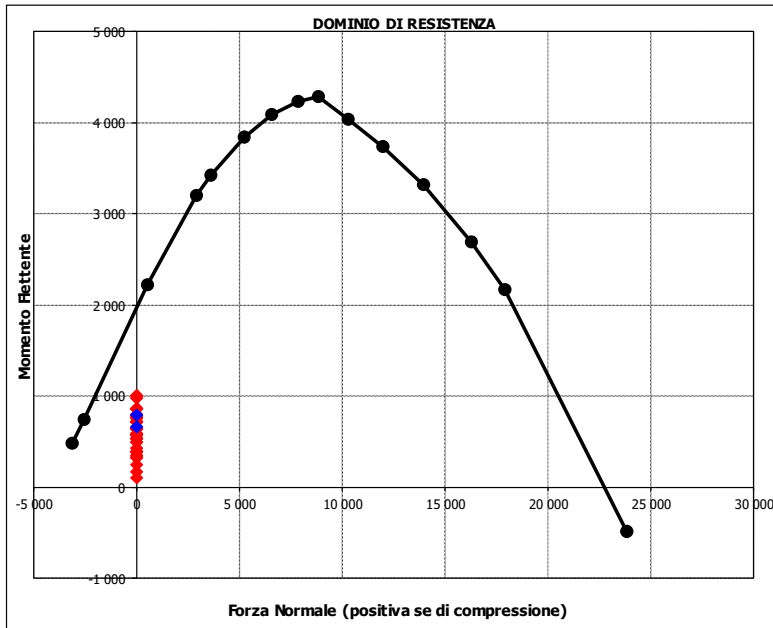
| N° ferri | Diametro | Area |
|----------|----------|-----------------------------|
| 5 | 26 | 26.55 cm ² |
| | | 0.00 cm ² |
| | | 0.00 cm ² |
| | | 26.55 cm² |

Caratteristiche di sollecitazione

| | Comb. | Nsd | Msd |
|--------|----------|-----|------|
| (Nmax) | 11M_0.55 | 0 | 715 |
| (Nmin) | 11M_0.55 | 0 | 715 |
| (Mmax) | 13M_0.55 | 0 | 1006 |
| (Mmin) | 24_0.55 | 0 | 102 |

Caratteristiche di sollecitazione

| | Comb. | Nsd | Msd |
|----------|-------|------|-----|
| 01S1-11M | 0 | 715 | |
| 02S1-11T | 0 | 715 | |
| 03S1-12M | 0 | 788 | |
| 04S1-12T | 0 | 788 | |
| 05S1-13M | 0 | 974 | |
| 06S1-13T | 0 | 974 | |
| 07S1-14- | 0 | 391 | |
| 08S1-15- | 0 | 577 | |
| 09S1-21M | 0 | 495 | |
| 10S1-21T | 0 | 495 | |
| 11S1-22M | 0 | 568 | |
| 12S1-22T | 0 | 568 | |
| 13S1-23M | 0 | 754 | |
| 14S1-23T | 0 | 754 | |
| 15S1-24- | 0 | 171 | |
| 16S1-25- | 0 | 357 | |
| 17S1T11M | 0 | 657 | |
| 18S1T11T | 0 | 657 | |
| 19S1T12M | 0 | 716 | |
| 20S1T12T | 0 | 716 | |
| 21S1T13M | 0 | 863 | |
| 22S1T13T | 0 | 863 | |
| 23S1T14- | 0 | 433 | |
| 24S1T15- | 0 | 580 | |
| 25S1T21M | 0 | 326 | |
| 26S1T21T | 0 | 326 | |
| 27S1T22M | 0 | 385 | |
| 28S1T22T | 0 | 385 | |
| 29S1T23M | 0 | 532 | |
| 30S1T23T | 0 | 532 | |
| 31S1T24- | 0 | 102 | |
| 32S1T25- | 0 | 248 | |
| 33S2-11M | 0 | 801 | |
| 34S2-11T | 0 | 801 | |
| 35S2-12M | 0 | 860 | |
| 36S2-12T | 0 | 860 | |
| 37S2-13M | 0 | 1006 | |
| 38S2-13T | 0 | 1006 | |
| 39S2-21M | 0 | 581 | |
| 40S2-21T | 0 | 581 | |
| 41S2-22M | 0 | 640 | |
| 42S2-22T | 0 | 640 | |
| 43S2-23M | 0 | 786 | |
| 44S2-23T | 0 | 786 | |
| 45S2T11M | 0 | 657 | |
| 46S2T11T | 0 | 657 | |
| 47S2T12M | 0 | 716 | |
| 48S2T12T | 0 | 716 | |
| 49S2T13M | 0 | 863 | |
| 50S2T13T | 0 | 863 | |
| 51S2T21M | 0 | 326 | |
| 52S2T21T | 0 | 326 | |
| 53S2T22M | 0 | 385 | |
| 54S2T22T | 0 | 385 | |
| 55S2T23M | 0 | 532 | |
| 56S2T23T | 0 | 532 | |
| 57SED1- | 0 | 799 | |
| 58SED2- | 0 | 661 | |



- 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

| | | |
|---------------|--------|-------------------|
| Tipo | C32/40 | |
| R_{ck} | 40 | N/mm ² |
| f_{ck} | 33.2 | N/mm ² |
| γ_c | 1.5 | |
| α_{cc} | 0.85 | |
| f_{cd} | 18.8 | 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 | 719 |
| N_{Ed} | kN | 0 |

Soletta sup

Armatura a taglio

| | | |
|-----------------|-----------------|------|
| Diametro | mm | 12 |
| Numero barre | | 2.5 |
| A_{sw} | cm ² | 2.83 |
| Passo s | cm | 20 |
| Angolo α | ° | 90 |

Armatura longitudinale

| | | |
|-----------------|-----------------|-------|
| n_1 | | 10 |
| \varnothing_1 | mm | 26 |
| n_2 | | |
| \varnothing_2 | mm | |
| Asl | cm ² | 53.09 |

Sezione

| | | |
|---------------|-------------------|--------|
| b_w | cm | 100 |
| H | cm | 110 |
| c | cm | 8.7 |
| d | cm | 101.3 |
| k | N/mm ² | 1.44 |
| v_{min} | N/mm ² | 0.35 |
| ρ | | 0.0052 |
| σ_{cp} | N/mm ² | 0.00 |
| α_c | | 1.00 |

Resistenza senza armatura a taglio

| | | |
|----------|----|--|
| V_{Rd} | kN | 455 |
| V_{Rd} | kN | NECESSITA ARMATURA A TAGLIO |

Resistenza con armatura a taglio

| | | |
|-------------------------------|----|-------------------|
| $\cot\alpha$ | | 0.5 |
| v | | 0.5 |
| ω_{sw} | | 0.03 |
| $\cot\theta$ | | 2.50 |
| Inclinazione puntone θ | ° | 21.8 |
| V_{RSd} | kN | 1261 |
| V_{RCd} | kN | 2957 |
| V_{Rd} | kN | 1261 |
| V_{Rd} | kN | VERIFICATO |

**SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata
Relazione di calcolo scatolare**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 51 di 65 |

• Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

Sollecitazioni

| | | | |
|--|-------|---------------|-----|
| Momento flettente - Combinazione rara | M_R | 976.31 | kNm |
| Sforzo normale - Combinazione rara | N_R | 0.00 | kN |
| Momento flettente - Combinazione frequente | M_F | 815.71 | kNm |
| Sforzo normale - Combinazione frequente | N_F | 0.00 | kN |

Materiali

| | | | |
|--|-----------------|---------------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo | R_{ck} | 40 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo | f_{ck} | 33.20 | N/mm ² |
| Modulo elastico del calcestruzzo | E_{cm} | 33642.78 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo | σ_{zamm} | 19.92 | N/mm ² |
| Resistenza media a trazione calcestruzzo | f_{ctm} | 3.46 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo | f_{ctk} | 2.42 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo | σ_{tamm} | 2.89 | 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_{samm} | 360.00 | N/mm ² |
| Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo | n | 15.00 | - |

Caratteristiche geometriche

| | | | | | |
|--------------------------------|---------|---------------|-----------------|-----------------------|-----------------------------|
| Altezza sezione | H | 110.00 | cm | | |
| Larghezza sezione | B | 100.00 | cm | | |
| Armadura compressa (1° strato) | AS_1' | 26.55 | cm ² | 5 Ø 26 | $C_{s1} = \mathbf{8.7}$ cm |
| Armadura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $C_{s2} = \mathbf{10.0}$ cm |
| Armadura tesa (1° strato) | AS_1 | 53.09 | cm ² | 10 Ø 26 | $C_{t1} = \mathbf{8.7}$ cm |
| Armadura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $C_{t2} = \mathbf{10.0}$ cm |

Proprietà sezione in combinazione rara

| | | | | | |
|---|-----------|-------------|-----------------|-------|--------------------|
| Eccentricità dello sforzo normale | e (M) | ∞ | cm | > H/6 | Sez. parzializzata |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione | u (M) | ∞ | cm | | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 30.78 | cm | | |
| Area ideale (sezione interamente reagente) | A_{id} | 12114.95 | cm ² | | |
| Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 13652498.60 | cm ⁴ | | |
| Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id*} | 5126694.63 | cm ⁴ | | |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|---------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 5.86 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 201.44 | N/mm ² | < σ_{samm} |

Proprietà sezione in combinazione frequente

| | | | | | |
|---|-----------|-------------|-----------------|-------|--------------------|
| Eccentricità dello sforzo normale | e (M) | ∞ | cm | > H/6 | Sez. parzializzata |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione | u (M) | ∞ | cm | | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 30.78 | cm | | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 12114.95 | cm ² | | |
| Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 13652498.60 | cm ⁴ | | |
| Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id*} | 5126694.63 | cm ⁴ | | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|--|--------------------|-------------|-------------------|------------------------|
| Momento di fessurazione (σ_{tamm}) | M_{fess} | 716.20 | kNm | La sezione è fessurata |
| Eccentricità per $M=M_{fess}$ | e (M_{fess}) | ∞ | cm | |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione per $M=M_{fess}$ | u (M_{fess}) | ∞ | cm | |
| Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$ | y (M_{fess}) | 30.78 | cm | |
| Compressione massima nel cls. per $M=M_{fess}$ | σ_{cf} | 4.30 | N/mm ² | |
| Trazione nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$ | σ_{sf} | 147.77 | N/mm ² | |
| Coefficiente dipendente dalla durata del carico | k_t | 0.40 | - | |
| Altezza efficace | $h_{c,eff}$ | 26.41 | cm | |
| Rapporto tra moduli elastici | α_e | 6.09 | - | |
| Armadura nell'area efficace | AS_{eff} | 53.09 | cm ² | |
| Area efficace | AC_{eff} | 2640.67 | cm ² | |
| Rapporto geometrico di armatura | ρ_{eff} | 0.0201 | - | |
| Deformazione unitaria media dell'armatura | ϵ_{sm} | 0.0003 | - | |
| Copriferro netto | c' | 5.00 | cm | |
| Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio | K_1 | 0.80 | - | |
| Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni | K_2 | 0.50 | - | |
| Coefficiente adimensionale | K_3 | 3.40 | - | |
| Coefficiente adimensionale | K_4 | 0.425 | - | |
| Diametro equivalente delle barr ed armatura | ϕ_{eq} | 26.00 | mm | |
| Distanza massima tra le fessure | Δs_{max} | 389.84 | mm | |
| Distanza media tra le fessure | Δs_m | 229.32 | mm | |
| Valore medio dell'apertura delle fessure | w_m | 0.08 | mm | |
| Valore di calcolo dell'apertura delle fessure | w_d | 0.13 | mm | |

SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 52 di 65 |

- Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

Sollecitazioni

| | | | |
|--|-------|---------------|-----|
| Momento flettente - Combinazione rara | M_R | 671.70 | kNm |
| Sforzo normale - Combinazione rara | N_R | 0.00 | kN |
| Momento flettente - Combinazione frequente | M_F | 559.21 | kNm |
| Sforzo normale - Combinazione frequente | N_F | 0.00 | kN |

Materiali

| | | | |
|--|-----------------|---------------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo | R_{ck} | 40 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo | f_{ck} | 33.20 | N/mm ² |
| Modulo elastico del calcestruzzo | E_{cm} | 33642.78 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo | σ_{camm} | 19.92 | N/mm ² |
| Resistenza media a trazione calcestruzzo | f_{ctm} | 3.46 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo | f_{ctk} | 2.42 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo | σ_{tamm} | 2.89 | 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_{samm} | 360.00 | N/mm ² |
| Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo | n | 15.00 | - |

Caratteristiche geometriche

| | | | | | |
|--------------------------------|---------|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Altezza sezione | H | 110.00 | cm | | |
| Larghezza sezione | B | 100.00 | cm | | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 26.55 | cm ² | 5 Ø 26 | $c_{s1} = 8.7$ cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $c_{s2} = 10.0$ cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 53.09 | cm ² | 10 Ø 26 | $c_{t1} = 8.7$ cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $c_{t2} = 10.0$ cm |

Proprietà sezione in combinazione rara

| | | | | |
|---|-----------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità dello sforzo normale | e (M) | ∞ | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione | u (M) | ∞ | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 30.78 | cm | |
| Area ideale (sezione interamente reagente) | A_{id} | 12114.95 | cm ² | |
| Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 13652498.60 | cm ⁴ | |
| Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id*} | 5126694.63 | cm ⁴ | |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|---------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 4.03 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 138.59 | N/mm ² | < σ_{samm} |

Proprietà sezione in combinazione frequente

| | | | | |
|---|-----------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità dello sforzo normale | e (M) | ∞ | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione | u (M) | ∞ | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 30.78 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 12114.95 | cm ² | |
| Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 13652498.60 | cm ⁴ | |
| Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id*} | 5126694.63 | cm ⁴ | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|---|------------|--------|-----|----------------------------|
| Momento di fessurazione (σ_{tamm}) | M_{fess} | 716.20 | kNm | La sezione non è fessurata |
|---|------------|--------|-----|----------------------------|

10.5.3 Verifica piedritti

- Verifica a pressoflessione spiccato (Pied-Spicc)

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

| Calcestruzzo | |
|--------------|----------------------|
| Tipo | C32/40 |
| R_{ck} | 40 N/mm^2 |
| f_{ck} | 33.2 N/mm^2 |
| γ_c | 1.5 |
| f_{cd} | 22.1 N/mm^2 |
| f_{ctc} | 18.8 N/mm^2 |

| | |
|-------------|-------|
| copriferro | 50 mm |
| staffe | 10 mm |
| armat. sec. | 14 mm |

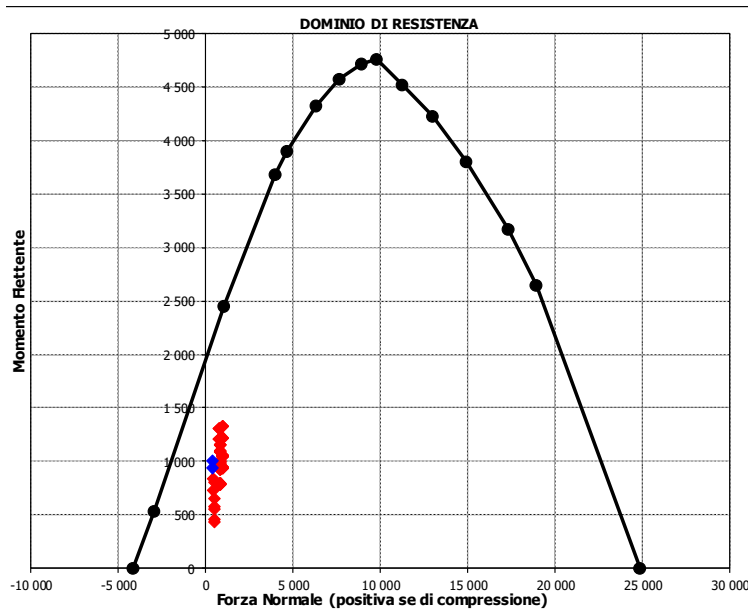
| Geometria della sezione | |
|----------------------------------|------------------------|
| Altezza geometrica della sezione | $h = 110 \text{ cm}$ |
| Base della sezione | $b = 100 \text{ cm}$ |
| Copriferro | $d' = 8.7 \text{ cm}$ |
| Altezza utile della sezione | $d = 101.3 \text{ cm}$ |

| Armatura tesa | | | |
|---------------|----------|---------------------------------------|--|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 10 | 26 | 53.09 cm^2 | |
| | | 0.00 cm^2 | |
| | | 0.00 cm^2 | |
| | | 53.09 cm^2 | |

| Armatura compressa | | | |
|--------------------|----------|---------------------------------------|--|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 10 | 26 | 53.09 cm^2 | |
| | | 0.00 cm^2 | |
| | | 0.00 cm^2 | |
| | | 53.09 cm^2 | |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|----------|-----|------|
| Comb. | Nsd | Msd | |
| (Nmax) | 11M_0.55 | 994 | 954 |
| (Nmin) | 1- 0.55 | 362 | 936 |
| (Mmax) | 23M_0.55 | 953 | 1326 |
| (Mmin) | 14- 0.55 | 512 | 437 |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|-----|-------|--|
| Comb. | Nsd | Msd | |
| 01S1-11M | 994 | 954 | |
| 02S1-11T | 994 | 954 | |
| 03S1-12M | 994 | 943 | |
| 04S1-12T | 994 | 943 | |
| 05S1-13M | 953 | 1 222 | |
| 06S1-13T | 953 | 1 222 | |
| 07S1-14- | 512 | 455 | |
| 08S1-15- | 472 | 734 | |
| 09S1-21M | 994 | 1 059 | |
| 10S1-21T | 994 | 1 059 | |
| 11S1-22M | 994 | 1 047 | |
| 12S1-22T | 994 | 1 047 | |
| 13S1-23M | 953 | 1 326 | |
| 14S1-23T | 953 | 1 326 | |
| 15S1-24- | 512 | 560 | |
| 16S1-25- | 472 | 839 | |
| 17S1T11M | 856 | 795 | |
| 18S1T11T | 856 | 795 | |
| 19S1T12M | 856 | 785 | |
| 20S1T12T | 856 | 785 | |
| 21S1T13M | 824 | 1 008 | |
| 22S1T13T | 824 | 1 008 | |
| 23S1T14- | 512 | 437 | |
| 24S1T15- | 480 | 660 | |
| 25S1T21M | 856 | 938 | |
| 26S1T21T | 856 | 938 | |
| 27S1T22M | 856 | 928 | |
| 28S1T22T | 856 | 928 | |
| 29S1T23M | 824 | 1 151 | |
| 30S1T23T | 824 | 1 151 | |
| 31S1T24- | 512 | 580 | |
| 32S1T25- | 480 | 803 | |
| 33S2-11M | 820 | 993 | |
| 34S2-11T | 820 | 993 | |
| 35S2-12M | 820 | 983 | |
| 36S2-12T | 820 | 983 | |
| 37S2-13M | 787 | 1 206 | |
| 38S2-13T | 787 | 1 206 | |
| 39S2-21M | 820 | 1 098 | |
| 40S2-21T | 820 | 1 098 | |
| 41S2-22M | 820 | 1 088 | |
| 42S2-22T | 820 | 1 088 | |
| 43S2-23M | 787 | 1 311 | |
| 44S2-23T | 787 | 1 311 | |
| 45S2T11M | 856 | 795 | |
| 46S2T11T | 856 | 795 | |
| 47S2T12M | 856 | 785 | |
| 48S2T12T | 856 | 785 | |
| 49S2T13M | 824 | 1 008 | |
| 50S2T13T | 824 | 1 008 | |
| 51S2T21M | 856 | 938 | |
| 52S2T21T | 856 | 938 | |
| 53S2T22M | 856 | 928 | |
| 54S2T22T | 856 | 928 | |
| 55S2T23M | 824 | 1 151 | |
| 56S2T23T | 824 | 1 151 | |
| 57SED1- | 362 | 936 | |
| 58SED2- | 362 | 1 007 | |



• Verifica a pressoflessione sommità (Pied-Sommità)

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

| Calcestruzzo | |
|--------------|----------------------|
| Tipo | C32/40 |
| R_{ck} | 40 N/mm^2 |
| f_{ck} | 33.2 N/mm^2 |
| γ_c | 1.5 |
| f_{cd} | 22.1 N/mm^2 |
| f_{ct} | 18.8 N/mm^2 |

| | |
|-------------|-------|
| copriferro | 50 mm |
| staffe | 10 mm |
| armat. sec. | 14 mm |

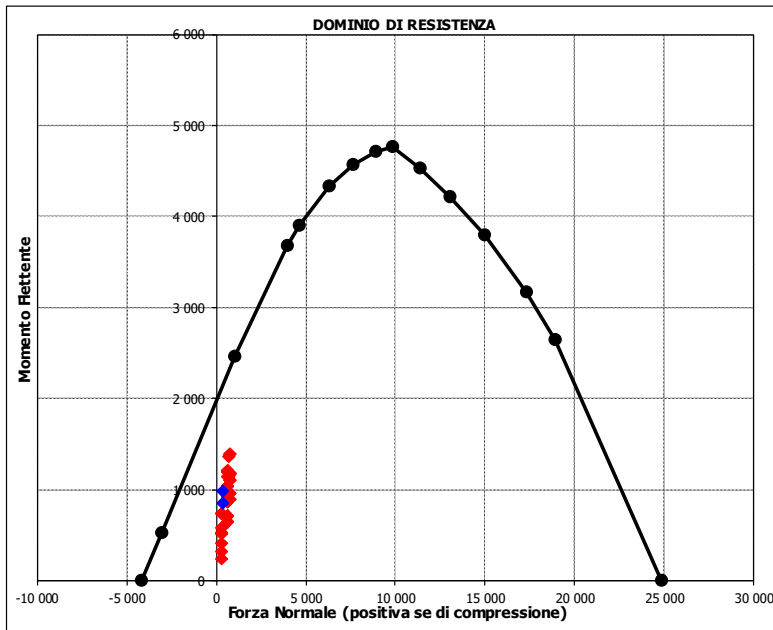
| Geometria della sezione | |
|----------------------------------|------------------------|
| Altezza geometrica della sezione | $h = 110 \text{ cm}$ |
| Base della sezione | $b = 100 \text{ cm}$ |
| Copriferro | $d' = 8.7 \text{ cm}$ |
| Altezza utile della sezione | $d = 101.3 \text{ cm}$ |

| Armatura tesa | | |
|---------------------------------------|----------|---------------------|
| N° ferri | Diametro | Area |
| 10 | 26 | 53.09 cm^2 |
| | | 0.00 cm^2 |
| | | 0.00 cm^2 |
| 53.09 cm^2 | | |

| Armatura compressa | | |
|---------------------------------------|----------|---------------------|
| N° ferri | Diametro | Area |
| 10 | 26 | 53.09 cm^2 |
| | | 0.00 cm^2 |
| | | 0.00 cm^2 |
| 53.09 cm^2 | | |

| Caratteristiche di sollecitazione | | |
|-----------------------------------|-----|------|
| Comb. | Nsd | Msd |
| 13M_7.1 | 791 | 1388 |
| 14_7.1 | 269 | 530 |
| 13M_7.1 | 791 | 1388 |
| 24_7.1 | 269 | 241 |

| Caratteristiche di sollecitazione | | |
|-----------------------------------|-----|------|
| Comb. | Nsd | Msd |
| 01S1-11M | 751 | 1108 |
| 02S1-11T | 751 | 1108 |
| 03S1-12M | 751 | 1180 |
| 04S1-12T | 751 | 1180 |
| 05S1-13M | 791 | 1388 |
| 06S1-13T | 791 | 1388 |
| 07S1-14- | 269 | 530 |
| 08S1-15- | 310 | 739 |
| 09S1-21M | 751 | 887 |
| 10S1-21T | 751 | 887 |
| 11S1-22M | 751 | 960 |
| 12S1-22T | 751 | 960 |
| 13S1-23M | 791 | 1168 |
| 14S1-23T | 791 | 1168 |
| 15S1-24- | 269 | 310 |
| 16S1-25- | 310 | 519 |
| 17S1T11M | 613 | 977 |
| 18S1T11T | 613 | 977 |
| 19S1T12M | 613 | 1036 |
| 20S1T12T | 613 | 1036 |
| 21S1T13M | 645 | 1201 |
| 22S1T13T | 645 | 1201 |
| 23S1T14- | 269 | 573 |
| 24S1T15- | 301 | 737 |
| 25S1T21M | 613 | 646 |
| 26S1T21T | 613 | 646 |
| 27S1T22M | 613 | 704 |
| 28S1T22T | 613 | 704 |
| 29S1T23M | 645 | 869 |
| 30S1T23T | 645 | 869 |
| 31S1T24- | 269 | 241 |
| 32S1T25- | 301 | 405 |
| 33S2-11M | 649 | 1140 |
| 34S2-11T | 649 | 1140 |
| 35S2-12M | 649 | 1199 |
| 36S2-12T | 649 | 1199 |
| 37S2-13M | 681 | 1364 |
| 38S2-13T | 681 | 1364 |
| 39S2-21M | 649 | 920 |
| 40S2-21T | 649 | 920 |
| 41S2-22M | 649 | 979 |
| 42S2-22T | 649 | 979 |
| 43S2-23M | 681 | 1144 |
| 44S2-23T | 681 | 1144 |
| 45S2T11M | 613 | 977 |
| 46S2T11T | 613 | 977 |
| 47S2T12M | 613 | 1036 |
| 48S2T12T | 613 | 1036 |
| 49S2T13M | 645 | 1201 |
| 50S2T13T | 645 | 1201 |
| 51S2T21M | 613 | 646 |
| 52S2T21T | 613 | 646 |
| 53S2T22M | 613 | 704 |
| 54S2T22T | 613 | 704 |
| 55S2T23M | 645 | 869 |
| 56S2T23T | 645 | 869 |
| 57SED1- | 352 | 984 |
| 58SED2- | 352 | 847 |



- 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 | | Piedritto sx | Piedritto dx |
|----------------|------------------------|---|-------------------|--------------|-----------------------------------|
| Tipo | C32/40 | V_{Ed} | kN | 334 | 504 |
| R_{ck} | 40 N/mm ² | N_{Ed} | kN | 0 | 0 |
| f_{ck} | 33.2 N/mm ² | Armatura a taglio | | | |
| V_c | 1.5 | Diametro | mm | 12 | 12 |
| α_{cc} | 0.85 | Numero barre | | 2.5 | 2.5 |
| f_{cd} | 18.8 N/mm ² | A_{sw} | cm ² | 2.83 | 2.83 |
| Acciaio | | Passo s | cm | 20 | 20 |
| f_{tk} | 540 N/mm ² | Angolo α | ° | 90 | 90 |
| f_{yk} | 450 N/mm ² | Armatura longitudinale | | | |
| V_s | 1.15 | n_1 | | 10 | 10 |
| f_{yd} | 391 N/mm ² | \varnothing_1 | mm | 26 | 26 |
| | | n_2 | | | |
| | | \varnothing_2 | mm | | |
| | | Asl | cm ² | 53.09 | 53.09 |
| | | Sezione | | | |
| | | b_w | cm | 100 | 100 |
| | | H | cm | 110 | 110 |
| | | c | cm | 8.7 | 8.7 |
| | | d | cm | 101.3 | 101.3 |
| | | k | N/mm ² | 1.44 | 1.44 |
| | | v_{min} | N/mm ² | 0.35 | 0.35 |
| | | ρ | | 0.0052 | 0.0052 |
| | | σ_{cp} | N/mm ² | 0.00 | 0.00 |
| | | α_c | | 1.00 | 1.00 |
| | | Resistenza senza armatura a taglio | | | |
| | | V_{Rd} | kN | 455 | 455 |
| | | V_{Rd} | kN | VERIFICATO | NECESSITA ARMATURA A TAGLIO |
| | | Resistenza con armatura a taglio | | | |
| | | $\cot\alpha$ | | 0.5 | 0.5 |
| | | v | | 0.5 | 0.5 |
| | | ω_{sw} | | 0.03 | 0.03 |
| | | $\cot\theta$ | | 2.50 | 2.50 |
| | | Inclinazione puntone θ | ° | 21.8 | 21.8 |
| | | V_{RSd} | kN | 1261 | 1261 |
| | | V_{RCd} | kN | 2957 | 2957 |
| | | V_{Rd} | kN | 1261 | 1261 |
| | | V_{Rd} | kN | VERIFICATO | VERIFICATO |

**SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata**
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 56 di 65 |

• Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spicc)

Sollecitazioni

| | | | |
|--|-------|---------------|-----|
| Momento flettente - Combinazione rara | M_R | 940.72 | kNm |
| Sforzo normale - Combinazione rara | N_R | 707.95 | kN |
| Momento flettente - Combinazione frequente | M_F | 793.45 | kNm |
| Sforzo normale - Combinazione frequente | N_F | 611.99 | kN |

Materiali

| | | | |
|--|-----------------|---------------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo | R_{ck} | 40 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo | f_{ck} | 33.20 | N/mm ² |
| Modulo elastico del calcestruzzo | E_{cm} | 33642.78 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo | σ_{camm} | 19.92 | N/mm ² |
| Resistenza media a trazione calcestruzzo | f_{ctm} | 3.46 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo | f_{ctk} | 2.42 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo | σ_{tamm} | 2.89 | 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_{samm} | 360.00 | N/mm ² |
| Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo | n | 15.00 | - |

Caratteristiche geometriche

| | | | | | |
|--------------------------------|---------|---------------|-----------------|---------|--------------------|
| Altezza sezione | H | 110.00 | cm | | |
| Larghezza sezione | B | 100.00 | cm | | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 53.09 | cm ² | 10 Ø 26 | $C_{s1} = 8.7$ cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $C_{s2} = 10.0$ cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 53.09 | cm ² | 10 Ø 26 | $C_{t1} = 8.7$ cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $C_{t2} = 10.0$ cm |

Proprietà sezione in combinazione rara

| | | | | | |
|---|-----------|-------------|-----------------|-------|---------------------------|
| Eccentricità dello sforzo normale | e (M) | 132.88 | cm | < H/6 | Sez. interamente reagente |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione | u (M) | 77.88 | cm | | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 38.81 | cm | | |
| Area ideale (sezione interamente reagente) | A_{id} | 12486.60 | cm ² | | |
| Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 14506109.25 | cm ⁴ | | |
| Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id+} | 5780750.99 | cm ⁴ | | |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|---------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 5.55 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 133.95 | N/mm ² | < σ_{samm} |

Proprietà sezione in combinazione frequente

| | | | | | |
|---|-----------|-------------|-----------------|-------|--------------------|
| Eccentricità dello sforzo normale | e (M) | 129.65 | cm | > H/6 | Sez. parzializzata |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione | u (M) | 74.65 | cm | | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 39.09 | cm | | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 12486.60 | cm ² | | |
| Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 14506109.25 | cm ⁴ | | |
| Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id+} | 5808826.61 | cm ⁴ | | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|--|------------------|-------------|-------------------|------------------------|
| Momento di fessurazione (σ_{tamm}) | M_{fess} | 890.24 | kNm | La sezione è fessurata |
| Eccentricità per $M=M_{fess}$ | e (M_{fess}) | 145.47 | cm | |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione per $M=M_{fess}$ | u (M_{fess}) | 90.47 | cm | |
| Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$ | y (M_{fess}) | 37.86 | cm | |
| Compressione massima nel cls. per $M=M_{fess}$ | σ_{cf} | 5.22 | N/mm ² | |
| Trazione nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$ | σ_{sf} | 131.32 | N/mm ² | |
| Coefficiente dipendente dalla durata del carico | k_c | 0.40 | - | |
| Altezza efficace | $h_{c,eff}$ | 24.05 | cm | |
| Rapporto tra moduli elastici | α_e | 6.09 | - | |
| Armatura nell'area efficace | AS_{eff} | 53.09 | cm ² | |
| Area efficace | AC_{eff} | 2404.79 | cm ² | |
| Rapporto geometrico di armatura | ρ_{eff} | 0.0221 | - | |
| Deformazione unitaria media dell'armatura | ϵ_{sm} | 0.0003 | - | |
| Copri ferro netto | c' | 5.00 | cm | |
| Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio | K_1 | 0.80 | - | |
| Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni | K_2 | 0.50 | - | |
| Coefficiente adimensionale | K_3 | 3.40 | - | |
| Coefficiente adimensionale | K_4 | 0.425 | - | |
| Diametro equivalente delle barr edi armatura | ϕ_{eq} | 26.00 | mm | |
| Distanza massima tra le fessure | Δs_{max} | 370.20 | mm | |
| Distanza media tra le fessure | Δs_m | 217.76 | mm | |
| Valore medio dell'apertura delle fessure | w_m | 0.06 | mm | |
| Valore di calcolo dell'apertura delle fessure | w_d | 0.11 | mm | |

**SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata
Relazione di calcolo scatolare**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 57 di 65 |

• Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

Sollecitazioni

| | | | |
|--|-------|---------------|-----|
| Momento flettente - Combinazione rara | M_R | 950.23 | kNm |
| Sforzo normale - Combinazione rara | N_R | 577.61 | kN |
| Momento flettente - Combinazione frequente | M_F | 804.71 | kNm |
| Sforzo normale - Combinazione frequente | N_F | 469.21 | kN |

Materiali

| | | | |
|--|-----------------|---------------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo | R_{ck} | 40 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo | f_{ck} | 33.20 | N/mm ² |
| Modulo elastico del calcestruzzo | E_{cm} | 33642.78 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo | σ_{camm} | 19.92 | N/mm ² |
| Resistenza media a trazione calcestruzzo | f_{ctm} | 3.46 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo | f_{ctk} | 2.42 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo | σ_{tamm} | 2.89 | 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_{samm} | 360.00 | N/mm ² |
| Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo | n | 15.00 | - |

Caratteristiche geometriche

| | | | | |
|--------------------------------|---------|---------------|-----------------|---|
| Altezza sezione | H | 110.00 | cm | |
| Larghezza sezione | B | 100.00 | cm | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 53.09 | cm ² | 10 Ø 26 $C_{s1} = 8.7$ cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{s2} = 10.0$ cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 53.09 | cm ² | 10 Ø 26 $C_{t1} = 8.7$ cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{t2} = 10.0$ cm |

Proprietà sezione in combinazione rara

| | | | | |
|---|------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità dello sforzo normale | e (M) | 164.51 | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione | u (M) | 109.51 | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 36.71 | cm | |
| Area ideale (sezione interamente reagente) | A_{id} | 12486.60 | cm ² | |
| Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 14506109.25 | cm ⁴ | |
| Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id}^* | 5596675.71 | cm ⁴ | |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|---------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 5.54 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 146.20 | N/mm ² | < σ_{samm} |

Proprietà sezione in combinazione frequente

| | | | | |
|---|------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità dello sforzo normale | e (M) | 171.50 | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione | u (M) | 116.50 | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 36.37 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 12486.60 | cm ² | |
| Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 14506109.25 | cm ⁴ | |
| Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id}^* | 5570556.06 | cm ⁴ | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|--|--------------------|-------------|-------------------|------------------------|
| Momento di fessurazione (σ_{tamm}) | M_{fess} | 860.08 | kNm | La sezione è fessurata |
| Eccentricità per $M=M_{fess}$ | e (M_{fess}) | 183.30 | cm | |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione per $M=M_{fess}$ | u (M_{fess}) | 128.30 | cm | |
| Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$ | y (M_{fess}) | 35.84 | cm | |
| Compressione massima nel cls. per $M=M_{fess}$ | σ_{cf} | 4.99 | N/mm ² | |
| Trazione nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$ | σ_{sf} | 136.66 | N/mm ² | |
| Coefficiente dipendente dalla durata del carico | k_t | 0.40 | - | |
| Altezza efficace | $h_{c,eff}$ | 24.72 | cm | |
| Rapporto tra moduli elastici | α_e | 6.09 | - | |
| Armatura nell'area efficace | AS_{eff} | 53.09 | cm ² | |
| Area efficace | AC_{eff} | 2471.97 | cm ² | |
| Rapporto geometrico di armatura | ρ_{eff} | 0.0215 | - | |
| Deformazione unitaria media dell'armatura | ϵ_{sm} | 0.0003 | - | |
| Copriferro netto | c' | 5.00 | cm | |
| Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio | K_1 | 0.80 | - | |
| Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni | K_2 | 0.50 | - | |
| Coefficiente adimensionale | K_3 | 3.40 | - | |
| Coefficiente adimensionale | K_4 | 0.425 | - | |
| Diametro equivalente delle barre di armatura | ϕ_{eq} | 26.00 | mm | |
| Distanza massima tra le fessure | Δs_{max} | 375.79 | mm | |
| Distanza media tra le fessure | Δs_m | 221.05 | mm | |
| Valore medio dell'apertura delle fessure | w_m | 0.07 | mm | |
| Valore di calcolo dell'apertura delle fessure | w_d | 0.12 | mm | |

10.5.4 Verifica soletta inferiore

- Verifica a pressoflessione campata (Solinf-Camp)

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

| Calcestruzzo | |
|--------------|----------------------|
| Tipo | C32/40 |
| R_{ck} | 40 N/mm^2 |
| f_{ck} | 33.2 N/mm^2 |
| γ_c | 1.5 |
| f_{cd} | 22.1 N/mm^2 |
| f_{cc} | 18.8 N/mm^2 |

| | |
|-------------|-------|
| copriferro | 50 mm |
| staffe | 10 mm |
| armat. sec. | 14 mm |

| Geometria della sezione | |
|----------------------------------|------------------------|
| Altezza geometrica della sezione | $h = 110 \text{ cm}$ |
| Base della sezione | $b = 100 \text{ cm}$ |
| Copriferro | $d' = 8.7 \text{ cm}$ |
| Altezza utile della sezione | $d = 101.3 \text{ cm}$ |

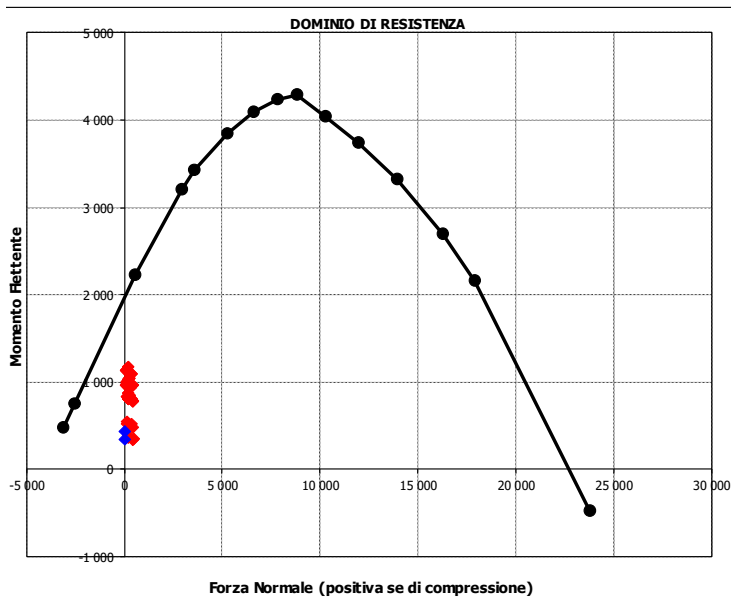
| Armatura tesa | | |
|---------------------------------------|----------|---------------------|
| N° ferri | Diametro | Area |
| 10 | 26 | 53.09 cm^2 |
| | | 0.00 cm^2 |
| | | 0.00 cm^2 |
| 53.09 cm^2 | | |

| Armatura compressa | | |
|---------------------------------------|----------|---------------------|
| N° ferri | Diametro | Area |
| 5 | 26 | 26.55 cm^2 |
| | | 0.00 cm^2 |
| | | 0.00 cm^2 |
| 26.55 cm^2 | | |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|-----|------|--|
| Comb. | Nsd | Msd | |
| (Nmax) 24_-1.21 | 466 | 341 | |
| (Nmin) 1_-1.21 | 14 | 430 | |
| (Mmax) 11M_1.21 | 184 | 1169 | |
| (Mmin) 24_-1.21 | 443 | 330 | |

Caratteristiche di sollecitazione

| Comb. | Nsd | Msd |
|----------|-----|------|
| 01S1-11M | 184 | 1169 |
| 02S1-11T | 184 | 1169 |
| 03S1-12M | 392 | 1093 |
| 04S1-12T | 392 | 1093 |
| 05S1-13M | 98 | 1131 |
| 06S1-13T | 98 | 1131 |
| 07S1-14- | 416 | 471 |
| 08S1-15- | 123 | 510 |
| 09S1-21M | 233 | 1039 |
| 10S1-21T | 233 | 1039 |
| 11S1-22M | 441 | 963 |
| 12S1-22T | 441 | 963 |
| 13S1-23M | 148 | 1001 |
| 14S1-23T | 148 | 1001 |
| 15S1-24- | 466 | 341 |
| 16S1-25- | 172 | 379 |
| 17S1T11M | 179 | 1017 |
| 18S1T11T | 179 | 1017 |
| 19S1T12M | 353 | 954 |
| 20S1T12T | 353 | 954 |
| 21S1T13M | 111 | 985 |
| 22S1T13T | 111 | 985 |
| 23S1T14- | 370 | 511 |
| 24S1T15- | 129 | 542 |
| 25S1T21M | 252 | 836 |
| 26S1T21T | 252 | 836 |
| 27S1T22M | 425 | 773 |
| 28S1T22T | 425 | 773 |
| 29S1T23M | 184 | 805 |
| 30S1T23T | 184 | 805 |
| 31S1T24- | 443 | 330 |
| 32S1T25- | 201 | 361 |
| 33S2-11M | 130 | 991 |
| 34S2-11T | 130 | 991 |
| 35S2-12M | 303 | 928 |
| 36S2-12T | 303 | 928 |
| 37S2-13M | 62 | 959 |
| 38S2-13T | 62 | 959 |
| 39S2-21M | 180 | 860 |
| 40S2-21T | 180 | 860 |
| 41S2-22M | 353 | 798 |
| 42S2-22T | 353 | 798 |
| 43S2-23M | 112 | 829 |
| 44S2-23T | 112 | 829 |
| 45S2T11M | 179 | 1017 |
| 46S2T11T | 179 | 1017 |
| 47S2T12M | 353 | 954 |
| 48S2T12T | 353 | 954 |
| 49S2T13M | 111 | 985 |
| 50S2T13T | 111 | 985 |
| 51S2T21M | 252 | 836 |
| 52S2T21T | 252 | 836 |
| 53S2T22M | 425 | 773 |
| 54S2T22T | 425 | 773 |
| 55S2T23M | 184 | 805 |
| 56S2T23T | 184 | 805 |
| 57SED1- | 14 | 430 |
| 58SED2- | 45 | 343 |



• Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-App)

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

| Calcestruzzo | |
|--------------|----------------------|
| Tipo | C32/40 |
| R_{ck} | 40 N/mm^2 |
| f_{ck} | 33.2 N/mm^2 |
| γ_c | 1.5 |
| f_{cd} | 22.1 N/mm^2 |
| f_{cc} | 18.8 N/mm^2 |

| | |
|-------------|-------|
| copriferro | 50 mm |
| staffe | 10 mm |
| armat. sec. | 14 mm |

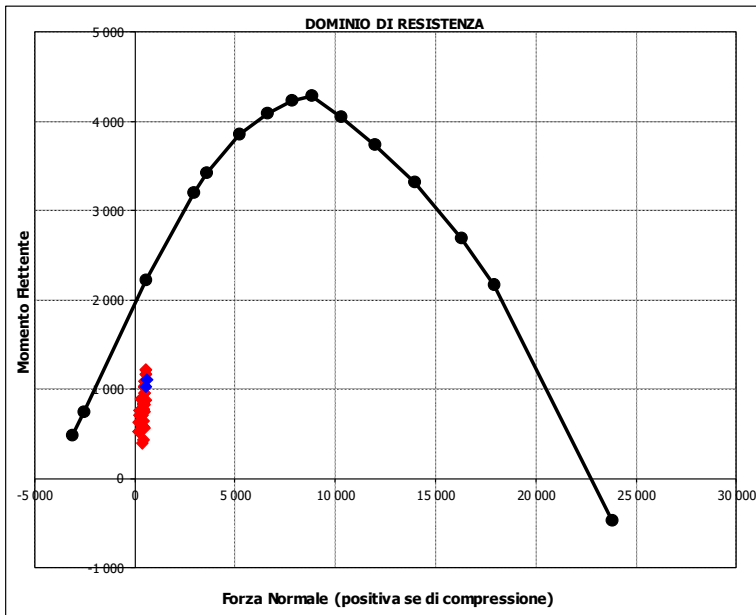
| Geometria della sezione | |
|----------------------------------|------------------------|
| Altezza geometrica della sezione | $h = 110 \text{ cm}$ |
| Base della sezione | $b = 100 \text{ cm}$ |
| Copriferro | $d' = 8.7 \text{ cm}$ |
| Altezza utile della sezione | $d = 101.3 \text{ cm}$ |

| Armatura tesa | | | |
|---------------|----------|---------------------------------------|--|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 10 | 26 | 53.09 cm^2 | |
| | | 0.00 cm^2 | |
| | | 0.00 cm^2 | |
| | | 53.09 cm^2 | |

| Armatura compressa | | | |
|--------------------|----------|---------------------------------------|--|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 5 | 26 | 26.55 cm^2 | |
| | | 0.00 cm^2 | |
| | | 0.00 cm^2 | |
| | | 26.55 cm^2 | |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|-----|------|--------|
| Comb. | Nsd | Msd | |
| 2-0.66 | 608 | 1112 | (Nmax) |
| 11M_0.66 | 179 | 520 | (Nmin) |
| 23M_0.66 | 543 | 1206 | (Mmax) |
| 14-0.66 | 370 | 385 | (Mmin) |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|-----|------|--|
| Comb. | Nsd | Msd | |
| 01S1-11M | 184 | 625 | |
| 02S1-11T | 184 | 625 | |
| 03S1-12M | 392 | 702 | |
| 04S1-12T | 392 | 702 | |
| 05S1-13M | 477 | 1021 | |
| 06S1-13T | 477 | 1021 | |
| 07S1-14- | 416 | 424 | |
| 08S1-15- | 502 | 743 | |
| 09S1-21M | 233 | 756 | |
| 10S1-21T | 233 | 756 | |
| 11S1-22M | 441 | 834 | |
| 12S1-22T | 441 | 834 | |
| 13S1-23M | 527 | 1153 | |
| 14S1-23T | 527 | 1153 | |
| 15S1-24- | 466 | 556 | |
| 16S1-25- | 552 | 875 | |
| 17S1T11M | 179 | 520 | |
| 18S1T11T | 179 | 520 | |
| 19S1T12M | 353 | 583 | |
| 20S1T12T | 353 | 583 | |
| 21S1T13M | 421 | 838 | |
| 22S1T13T | 421 | 838 | |
| 23S1T14- | 370 | 385 | |
| 24S1T15- | 438 | 639 | |
| 25S1T21M | 252 | 702 | |
| 26S1T21T | 252 | 702 | |
| 27S1T22M | 425 | 766 | |
| 28S1T22T | 425 | 766 | |
| 29S1T23M | 493 | 1020 | |
| 30S1T23T | 493 | 1020 | |
| 31S1T24- | 443 | 567 | |
| 32S1T25- | 511 | 822 | |
| 33S2-11M | 252 | 757 | |
| 34S2-11T | 252 | 757 | |
| 35S2-12M | 425 | 820 | |
| 36S2-12T | 425 | 820 | |
| 37S2-13M | 493 | 1075 | |
| 38S2-13T | 493 | 1075 | |
| 39S2-21M | 301 | 888 | |
| 40S2-21T | 301 | 888 | |
| 41S2-22M | 475 | 952 | |
| 42S2-22T | 475 | 952 | |
| 43S2-23M | 543 | 1206 | |
| 44S2-23T | 543 | 1206 | |
| 45S2T11M | 179 | 520 | |
| 46S2T11T | 179 | 520 | |
| 47S2T12M | 353 | 583 | |
| 48S2T12T | 353 | 583 | |
| 49S2T13M | 421 | 838 | |
| 50S2T13T | 421 | 838 | |
| 51S2T21M | 252 | 702 | |
| 52S2T21T | 252 | 702 | |
| 53S2T22M | 425 | 766 | |
| 54S2T22T | 425 | 766 | |
| 55S2T23M | 493 | 1020 | |
| 56S2T23T | 493 | 1020 | |
| 57SED1- | 576 | 1023 | |
| 58SED2- | 608 | 1112 | |



- 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

| | | |
|---------------|--------|-------------------|
| Tipo | C32/40 | |
| R_{ck} | 40 | N/mm ² |
| f_{ck} | 33.2 | N/mm ² |
| γ_c | 1.5 | |
| α_{cc} | 0.85 | |
| f_{cd} | 18.8 | 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 | 767 |
| N_{Ed} | kN | 0 |

Soletta inf

Armatura a taglio

| | | |
|-----------------|-----------------|------|
| Diametro | mm | 12 |
| Numero barre | | 2.5 |
| A_{sw} | cm ² | 2.83 |
| Passo s | cm | 20 |
| Angolo α | ° | 90 |

Armatura longitudinale

| | | |
|-----------------|-----------------|-------|
| n_1 | | 10 |
| \varnothing_1 | mm | 26 |
| n_2 | | |
| \varnothing_2 | mm | |
| A_{sl} | cm ² | 53.09 |

Sezione

| | | |
|---------------|-------------------|--------|
| b_w | cm | 100 |
| H | cm | 110 |
| c | cm | 8.7 |
| d | cm | 101.3 |
| k | N/mm ² | 1.44 |
| v_{min} | N/mm ² | 0.35 |
| ρ | | 0.0052 |
| σ_{cp} | N/mm ² | 0.00 |
| α_c | | 1.00 |

Resistenza senza armatura a taglio

| | | |
|----------|----|--|
| V_{Rd} | kN | 455 |
| V_{Rd} | kN | NECESSITA ARMATURA A TAGLIO |

Resistenza con armatura a taglio

| | | |
|-------------------------------|----|-------------------|
| $\cot\alpha$ | | 0.5 |
| v | | 0.5 |
| ω_{sw} | | 0.03 |
| $\cot\theta$ | | 2.50 |
| Inclinazione puntone θ | ° | 21.8 |
| V_{RSd} | kN | 1261 |
| V_{RCd} | kN | 2957 |
| V_{Rd} | kN | 1261 |
| V_{Rd} | kN | VERIFICATO |

**SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata**
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 61 di 65 |

• Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

Sollecitazioni

| | | | |
|--|-------|---------------|-----|
| Momento flettente - Combinazione rara | M_R | 785.82 | kNm |
| Sforzo normale - Combinazione rara | N_R | 149.50 | kN |
| Momento flettente - Combinazione frequente | M_F | 707.55 | kNm |
| Sforzo normale - Combinazione frequente | N_F | 195.41 | kN |

Materiali

| | | | |
|--|-----------------|---------------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo | R_{ck} | 40 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo | f_{ck} | 33.20 | N/mm ² |
| Modulo elastico del calcestruzzo | E_{cm} | 33642.78 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo | σ_{camm} | 19.92 | N/mm ² |
| Resistenza media a trazione calcestruzzo | f_{ctm} | 3.46 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo | f_{ctk} | 2.42 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo | σ_{tamm} | 2.89 | 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_{samm} | 360.00 | N/mm ² |
| Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo | n | 15.00 | - |

Caratteristiche geometriche

| | | | | |
|--------------------------------|---------|---------------|-----------------|---------------------------|
| Altezza sezione | H | 110.00 | cm | |
| Larghezza sezione | B | 100.00 | cm | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 26.55 | cm ² | 5 Ø 26 $C_{s1} = 8.7$ cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{s2} = 10.0$ cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 53.09 | cm ² | 10 Ø 26 $C_{t1} = 8.7$ cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 $C_{t2} = 10.0$ cm |

Proprietà sezione in combinazione rara

| | | | | |
|---|------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità dello sforzo normale | e (M) | 525.64 | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione | u (M) | 470.64 | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 33.11 | cm | |
| Area ideale (sezione interamente reagente) | A_{id} | 12114.95 | cm ² | |
| Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 13652498.60 | cm ⁴ | |
| Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id}^* | 5150299.39 | cm ⁴ | |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|---------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel ds. | σ_c | 4.84 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 149.57 | N/mm ² | < σ_{samm} |

Proprietà sezione in combinazione frequente

| | | | | |
|---|------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità dello sforzo normale | e (M) | 362.09 | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione | u (M) | 307.09 | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 34.19 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 12114.95 | cm ² | |
| Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 13652498.60 | cm ⁴ | |
| Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id}^* | 5177834.66 | cm ⁴ | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|--|--------------------|-------------|-------------------|------------------------|
| Momento di fessurazione (σ_{tamm}) | M_{fess} | 756.23 | kNm | La sezione è fessurata |
| Eccentricità per $M=M_{fess}$ | e (M_{fess}) | 387.00 | cm | |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione per $M=M_{fess}$ | u (M_{fess}) | 332.00 | cm | |
| Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$ | y (M_{fess}) | 33.97 | cm | |
| Compressione massima nel cls. per $M=M_{fess}$ | σ_{cf} | 4.70 | N/mm ² | |
| Trazione nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$ | σ_{sf} | 139.67 | N/mm ² | |
| Coefficiente dipendente dalla durata del carico | k_t | 0.40 | - | |
| Altezza efficace | $h_{c,eff}$ | 25.34 | cm | |
| Rapporto tra moduli elastici | α_e | 6.09 | - | |
| Armatura nell'area efficace | AS_{eff} | 53.09 | cm ² | |
| Area efficace | AC_{eff} | 2534.40 | cm ² | |
| Rapporto geometrico di armatura | ρ_{eff} | 0.0209 | - | |
| Deformazione unitaria media dell'armatura | ϵ_{sm} | 0.0003 | - | |
| Copriferro netto | c' | 5.00 | cm | |
| Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio | K_1 | 0.80 | - | |
| Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni | K_2 | 0.50 | - | |
| Coefficiente adimensionale | K_3 | 3.40 | - | |
| Coefficiente adimensionale | K_4 | 0.425 | - | |
| Diametro equivalente delle barr edi armatura | ϕ_{eq} | 26.00 | mm | |
| Distanza massima tra le fessure | Δs_{max} | 380.99 | mm | |
| Distanza media tra le fessure | Δs_m | 224.11 | mm | |
| Valore medio dell'apertura delle fessure | w_m | 0.07 | mm | |
| Valore di calcolo dell'apertura delle fessure | w_d | 0.12 | mm | |

SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa
Entrata
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL08C0001 | A | 62 di 65 |

• Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

Sollecitazioni

| | | | |
|--|-------|---------------|-----|
| Momento flettente - Combinazione rara | M_R | 848.22 | kNm |
| Sforzo normale - Combinazione rara | N_R | 390.31 | kN |
| Momento flettente - Combinazione frequente | M_F | 687.14 | kNm |
| Sforzo normale - Combinazione frequente | N_F | 343.22 | kN |

Materiali

| | | | |
|--|-----------------|---------------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo | R_{ck} | 40 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo | f_{ck} | 33.20 | N/mm ² |
| Modulo elastico del calcestruzzo | E_{cm} | 33642.78 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo | σ_{camm} | 19.92 | N/mm ² |
| Resistenza media a trazione calcestruzzo | f_{ctm} | 3.46 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo | f_{ctk} | 2.42 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo | σ_{tamm} | 2.89 | 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_{samm} | 360.00 | N/mm ² |
| Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo | n | 15.00 | - |

Caratteristiche geometriche

| | | | | | |
|--------------------------------|---------|---------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| Altezza sezione | H | 110.00 | cm | | |
| Larghezza sezione | B | 100.00 | cm | | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 26.55 | cm ² | 5 Ø 26 | $C_{S1} = \text{8.7}$ cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $C_{S2} = \text{10.0}$ cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 53.09 | cm ² | 10 Ø 26 | $C_{T1} = \text{8.7}$ cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $C_{T2} = \text{10.0}$ cm |

Proprietà sezione in combinazione rara

| | | | | | |
|---|-----------|-------------|-----------------|-------|--------------------|
| Eccentricità dello sforzo normale | e (M) | 217.32 | cm | > H/6 | Sez. parzializzata |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione | u (M) | 162.32 | cm | | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 36.59 | cm | | |
| Area ideale (sezione interamente reagente) | A_{id} | 12114.95 | cm ² | | |
| Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 13652498.60 | cm ⁴ | | |
| Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id+} | 5277687.59 | cm ⁴ | | |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|---------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 5.38 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 142.78 | N/mm ² | < σ_{samm} |

Proprietà sezione in combinazione frequente

| | | | | | |
|---|-----------|-------------|-----------------|-------|--------------------|
| Eccentricità dello sforzo normale | e (M) | 200.20 | cm | > H/6 | Sez. parzializzata |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione | u (M) | 145.20 | cm | | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 37.12 | cm | | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 12114.95 | cm ² | | |
| Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 13652498.60 | cm ⁴ | | |
| Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id+} | 5307044.79 | cm ⁴ | | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|--|--------------------|-------------|-------------------|------------------------|
| Momento di fessurazione (σ_{tamm}) | M_{fess} | 786.52 | kNm | La sezione è fessurata |
| Eccentricità per $M=M_{fess}$ | e (M_{fess}) | 229.16 | cm | |
| Distanza sforzo N dal bordo sezione per $M=M_{fess}$ | u (M_{fess}) | 174.16 | cm | |
| Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$ | y (M_{fess}) | 36.28 | cm | |
| Compressione massima nel cls. per $M=M_{fess}$ | σ_{cf} | 4.98 | N/mm ² | |
| Trazione nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$ | σ_{sf} | 133.89 | N/mm ² | |
| Coefficiente dipendente dalla durata del carico | k_t | 0.40 | - | |
| Altezza efficace | $h_{c,eff}$ | 24.57 | cm | |
| Rapporto tra moduli elastici | α_e | 6.09 | - | |
| Armatura nell'area efficace | AS_{eff} | 53.09 | cm ² | |
| Area efficace | AC_{eff} | 2457.40 | cm ² | |
| Rapporto geometrico di armatura | ρ_{eff} | 0.0216 | - | |
| Deformazione unitaria media dell'armatura | ϵ_{sm} | 0.0003 | - | |
| Copriferro netto | c' | 5.00 | cm | |
| Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio | K_1 | 0.80 | - | |
| Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni | K_2 | 0.50 | - | |
| Coefficiente adimensionale | K_3 | 3.40 | - | |
| Coefficiente adimensionale | K_4 | 0.425 | - | |
| Diametro equivalente delle barr ed armatura | ϕ_{eq} | 26.00 | mm | |
| Distanza massima tra le fessure | Δs_{max} | 374.58 | mm | |
| Distanza media tra le fessure | Δs_m | 220.34 | mm | |
| Valore medio dell'apertura delle fessure | w_m | 0.07 | mm | |
| Valore di calcolo dell'apertura delle fessure | w_d | 0.11 | mm | |

| | | | | | | |
|--|---|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A | FOGLIO 63 di 65 |

11. INCIDENZA SCATOLARE

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

| | |
|-------------------|------------------|
| Soletta superiore | 100 kg/mc |
| Soletta inferiore | 100 kg/mc |
| Piedritti | 120 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 $\phi 20/20$ ed un incremento del 15% per tener conto della presenza di legature e spille.

| | | | | | | |
|--|---|----------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| SL08C - Sottovia intersezione tra SP 582 e Rampa Entrata Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL08C0001 | REV. A | FOGLIO 64 di 65 |

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

12.1 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.

12.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo

Titolo: SAP2000 Ultimate
 Versione: 21.0.2
 Produttore: CSI Computers and Structures, Inc.

12.3 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.

Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

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.