

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

**RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

OPERE PRINCIPALI – SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL11 - Nuovo Sottovia e Viabilità al Km 85+382.16

Relazione di calcolo imbocchi

SCALA:

-

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

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

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



File: IV0100D26CLSL1100002A.doc

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 Pesi propri | 10 |
| 6.2 Permanenti non strutturali | 10 |
| 6.3 Azione del sisma | 10 |
| 6.4 Ritiro del calcestruzzo..... | 13 |
| 6.5 Variazione termica | 13 |
| 6.6 Spinta statica del terreno | 13 |
| 6.7 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale..... | 14 |
| 6.8 Incremento di Spinta in condizione sismiche..... | 14 |
| 7. COMBINAZIONE DEI CARICHI..... | 15 |
| 8. VERIFICHE STRUTTURALI | 17 |
| 8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione | 17 |
| 8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio | 17 |
| 8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio | 19 |
| 9. VERIFICHE GEOTECNICHE | 20 |

| | |
|--|-----------|
| 10. ANALISI STRUTTURALE | 21 |
| 10.1 Modellazione strutturale..... | 21 |
| 10.2 Analisi dei carichi | 23 |
| 10.3 Combinazioni | 27 |
| 10.4 Sollecitazioni..... | 30 |
| 10.5 Verifiche strutturali | 34 |
| 10.5.1 Riepilogo armature..... | 34 |
| 10.5.2 Verifica piedritti..... | 35 |
| 10.5.3 Verifica soletta inferiore | 38 |
| 11. INCIDENZA MURO U..... | 43 |
| 12. DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2) | 44 |
| 12.1 Tipo di analisi svolte | 44 |
| 12.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo | 44 |
| 12.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati | 44 |

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 dei muri di imbocco/sbocco del sottovia SL11 alla pk 85+382, in località Albenga.

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

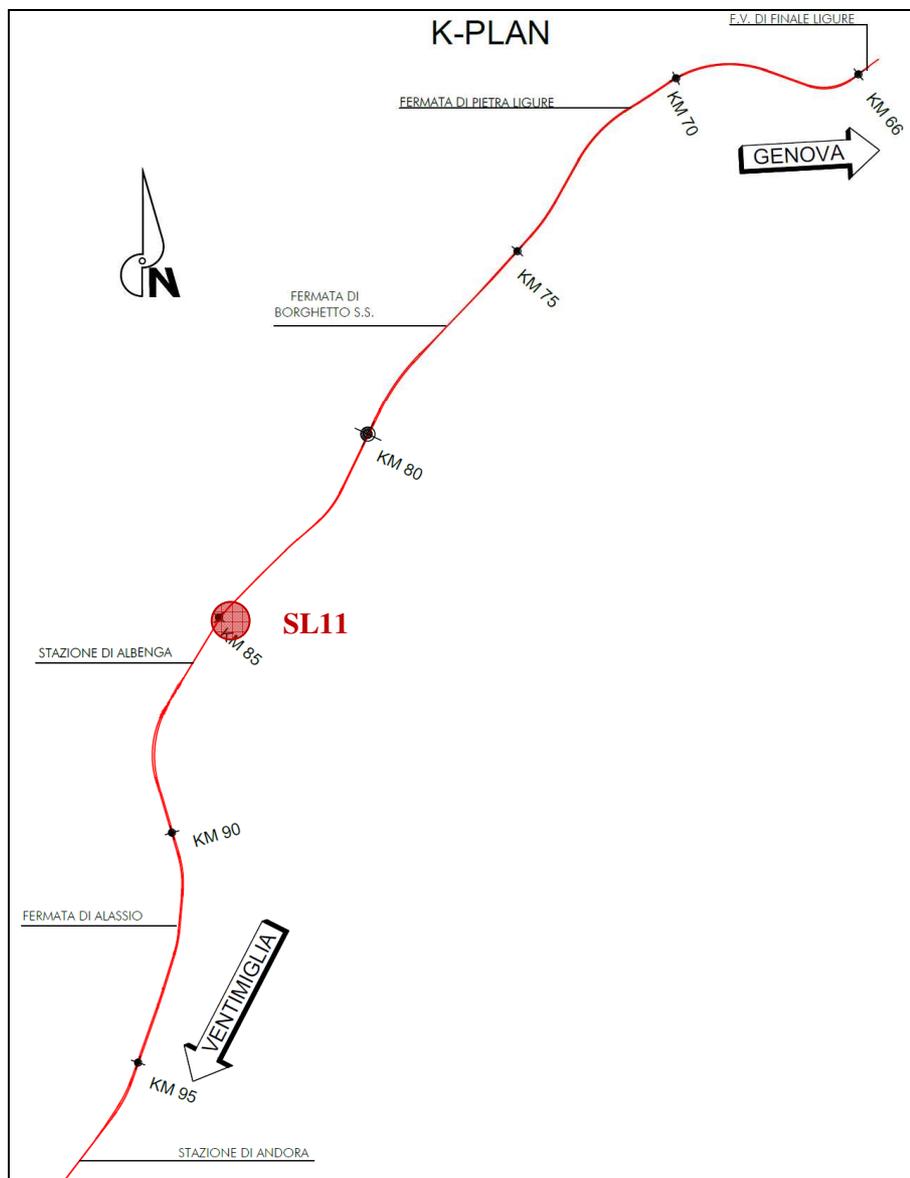


Figura 1: Raddoppio tratta Finale L. - Andora. Inquadramento dell'opera

2. DESCRIZIONE

La presente relazione ha per oggetto la verifica della sezione trasversale delle opere di approccio al sottovia SL11 utilizzabile per attraversamenti ferroviari, avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

| Geometria | | | | |
|--------------------------------|------|--|------|---|
| Spessore soletta di fondazione | Sf | | 1.10 | m |
| Spessore piedritti | Sp | | 0.99 | m |
| Altezza netta | Hint | | 6.90 | m |
| Larghezza netta | Lint | | 9.30 | m |
| Lunghezza risvolti sol. inf. | Lr | | 0.20 | m |

Nel caso di muri con altezza fortemente variabile, i valori di calcolo dell'altezza e dello spessore allo spicco dei piedritti sono assunti, in via cautelativa, pari a quelli corrispondenti ai 2/3 della base longitudinale.

Sempre a favore di sicurezza, il presente calcolo si riferisce a tutti i muri ad U ed agli eventuali muri d'ala presenti.

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

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.

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. Ø 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 |

4.3 Acciaio ordinario per calcestruzzo armato

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili in barre ad aderenza migliorata 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 sovrarresistenza | $k=(f_t/f_y)_k$ | [-] | 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_{yd} | [%] | 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 | |
|------------------|----------------|------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| C _{min} | C _o | ambiente | C _{≥C_o} | C _{min} ≤C<C _o | C _{≥C_o} | C _{min} ≤C<C _o | C _{≥C_o} | C _{min} ≤C<C _o | C _{≥C_o} | C _{min} ≤C<C _o |
| C25/30 | C35/45 | ordinario | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 | 30 | 30 | 35 |
| C30/37 | C40/50 | aggressivo | 25 | 30 | 30 | 35 | 35 | 40 | 40 | 45 |
| C35/45 | C45/55 | molto ag. | 35 | 40 | 40 | 45 | 45 | 50 | 50 | 50 |

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

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

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

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

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

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

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

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 | Prof top m TOP* |
|-------|--------------------|
| - | 0 |
| 3 | 2 |
| 2 | 15 |
| CMV | |

| Unità | Descrizione | γ kN/mc | ϕ ° | c' kPa | c_u kPa | E MPa | V_s m/s | ν - |
|-------|--|-------------------|-------------|-------------|--------------|------------|--------------|------------|
| 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-sabbiosa | 20 | 35 | 0 | - | 50 | 800 | 0.3 |

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

$$\phi' = 38^\circ \text{ (angolo di attrito)}$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3 \text{ (peso specifico)}$$

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.

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 superiore;
- Soletta di fondazione;
- Piedritti.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

Calcestruzzo armato: $\gamma_{c.a.} = 25.00 \text{ kN/m}^3$

Rilevato: $\gamma_{ri} = 20.00 \text{ kN/m}^3$

6.2 Permanenti non strutturali

Cautelativamente non sono stati considerati i carichi permanenti sulla soletta inferiore.

6.3 Azione del sisma

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

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

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

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Reticolo di riferimento



Controllo sul

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

superficie riga ▾

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".

Elaborazioni grafiche

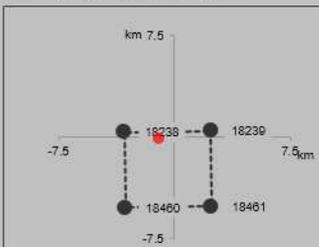
Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri →

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

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

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

| | | |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Stati limite di esercizio - SLE | SLO - $P_{VR} = 81\%$ | <input type="text" value="68"/> |
| | SLD - $P_{VR} = 63\%$ | <input type="text" value="113"/> |
| Stati limite ultimi - SLU | SLV - $P_{VR} = 10\%$ | <input type="text" value="1068"/> |
| | SLC - $P_{VR} = 5\%$ | <input type="text" value="2193"/> |

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie - - - ■ - - - Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_0 | 0.185 g |
| F_0 | 2.462 |
| T_C^* | 0.300 s |
| S_S | 1.200 |
| C_C | 1.399 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.200 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.140 s |
| T_C | 0.420 s |
| T_D | 2.339 s |

6.4 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.

6.5 Variazione termica

La variazione termica applicata sulla struttura è pari a $\Delta T = +15^\circ\text{C}$, con una variazione termica aggiuntiva a farfalla pari a $\Delta T = +5^\circ\text{C}$ applicata sulla soletta di copertura.

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

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

Tale azione si trascura nel caso del muro.

6.6 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.

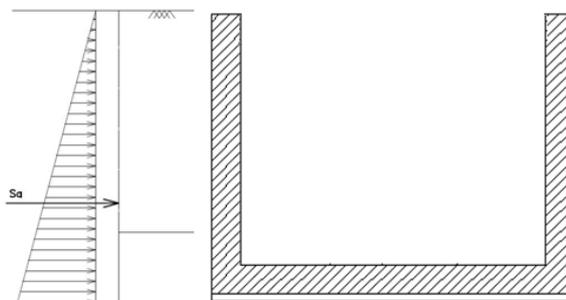


Figura 2: Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

La spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta a riposo k_0 .

6.7 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

Nel caso di un sovraccarico uniforme da traffico gravante a tergo dei piedritti, il valore della spinta risultante al metro è pari a $S=k_0 \cdot q \cdot H$, con punto di applicazione posizionato a metà dell'altezza dell'elemento su cui insiste.

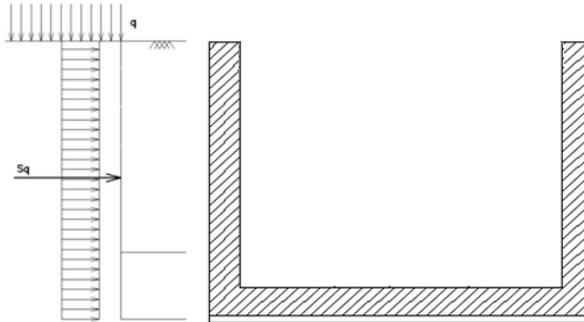


Figura 3: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

6.8 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 $H/2$.

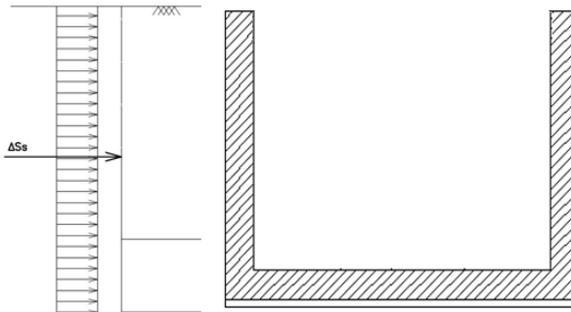


Figura 4: Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

7. COMBINAZIONE DEI CARICHI

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

combinazione fondamentale (SLU):

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

combinazione sismica:

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

combinazione eccezionale:

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

combinazione Rara (SLE irreversibile):

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

combinazione Frequente (SLE reversibile):

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

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

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

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 sovrantabili | |
|------------------|--|----------------------------------|---|-----------------------|---|--|
| | Carichi verticali | | Carichi orizzontali | | Carichi verticali | |
| | Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 5) | 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 | | | | |

(*) Pioni 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

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

| | | Coefficiente | EQU ⁽¹⁾ | A1 | A2 |
|--|-------------|---|---------------------|---------------------|------|
| Azioni permanenti g_1 e g_3 | favorevoli | $\gamma_{G1} = \gamma_{G3}$ | 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_{r1} | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,00 ⁽³⁾ | 1,00 ⁽⁴⁾ | 1,00 |
| Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari | favorevoli | $\gamma_{r2}, \gamma_{r3}, \gamma_{r4}$ | 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

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-pressoflessione

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:

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

- Resistenza di progetto a "taglio trazione":

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

- Resistenza di progetto a "taglio compressione":

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

Nelle espressioni precedenti i simboli hanno i seguenti significati:

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

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

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

s è il passo delle staffe;

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

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

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

8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

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. Dallo stesso modello sono state poi ricavate le sollecitazioni agenti all'intradosso della soletta di fondazione necessarie ai fini delle verifiche geotecniche del sistema terreno-fondazione e delle verifiche strutturali.

Convenzione assi

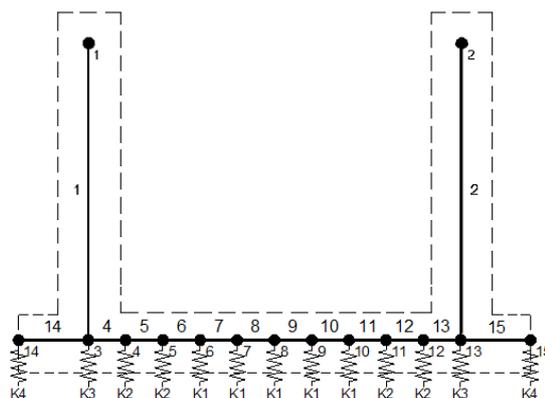
x = asse trasversale dello scatolare

y = asse longitudinale dello scatolare

z = asse verticale dello scatolare

10.1 Modellazione strutturale

Il modello di calcolo attraverso il quale viene discretizzata la struttura è quello di un telaio ad U. 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.

Per la rigidità delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale K_w pari a 1375 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:

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

Dove:

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

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle:

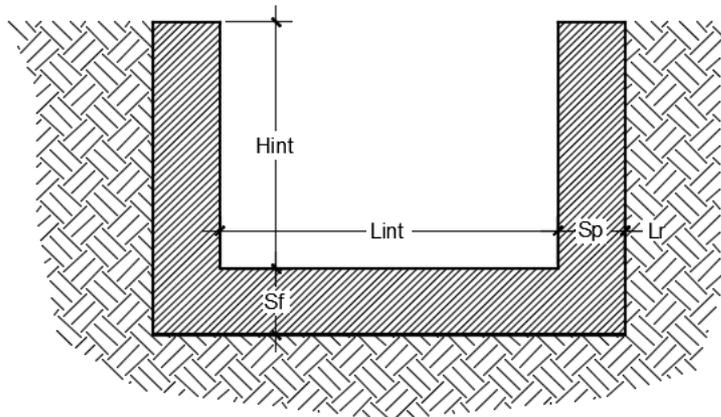
| Rigidezze molle | | | | |
|--|-------|---------------------------------------|-------|-------------------|
| Modulo elastico del terreno | E_t | | 30.00 | N/mm ² |
| Coefficiente di Poisson | v | | 0.30 | - |
| Larghezza della fondazione | B | $B = L_r + S_p + L_{int} + S_p + L_r$ | 11.68 | m |
| Lato maggiore della fondazione | L | | 7.00 | m |
| Fattore di forma | c_t | | 0.58 | - |
| Terreno di fondazione - Costante di sottofondo | K_w | $K_w = E_t / (1 - v^2) * B * c_t$ | 4870 | kN/m ³ |
| Interasse molle | i | $(0.99/2 + 9.30 + 0.99/2) / 10 =$ | 1.03 | m |
| Molle centrali | K_1 | $K_1 = K_w * i$ | 5 011 | kN/m |
| Molle intermedie | K_2 | $K_2 = 1.50 * K_w * i$ | 7 516 | kN/m |
| Molle laterali | K_3 | $K_3 = 2.00 * K_w * (i/2 + S_p/2)$ | 9 832 | kN/m |
| Molle risvolto | K_4 | $K_4 = 1.50 * K_w * L_r$ | 1 461 | kN/m |

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

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} | $0.83 \cdot 40 =$ | 33.2 | N/mm ² |
| Calcestruzzo armato - Modulo elastico | E | | 33600 | N/mm ² |
| Ballast - Peso specifico | γ_b | | 18 | kN/m ³ |
| Terreno del rilevato - Peso specifico | γ | | 20 | kN/m ³ |
| Terreno del rilevato - Angolo di attrito | φ | | 38 | ° |
| Condizioni ambientali per ver. a fessurazione | | | aggressive | |
| Geometria | | | | |
| Spessore soletta di fondazione | S_f | | 1.10 | m |
| Spessore piedritti | S_p | | 0.99 | m |
| Altezza netta | H_{int} | | 6.90 | m |
| Larghezza netta | L_{int} | | 9.30 | m |
| Lunghezza risvolti sol. inf. | L_r | | 0.20 | m |



Tab. 4: Geometria del modello

Azioni elementari applicate

| Spinta del terreno (Condizioni SPTSX e SPTDX) | | | |
|---|---------------------|--|-------------------------------|
| K0 | | $1 - \text{sen}(38^\circ) =$ | 0.384 |
| Spinta alla quota di estradosso sol. sup. | p1 | $0.384 \cdot 0.00 =$ | 0.00 kN/m ² |
| Spinta in asse sol. sup. | p2 | $0.384 \cdot (0.00 + 20 \cdot 0.00/2) =$ | 0.00 kN/m² |
| Spinta in asse sol. inf. | p3 | $0.384 \cdot [0.00 + 20 \cdot (0.00+6.90+1.10/2)] =$ | 57.27 kN/m² |
| Spinta alla quota di intradosso sol. inf. | p4 | $0.384 \cdot [0.00 + 20 \cdot (0.00+6.90+1.10)] =$ | 61.49 kN/m ² |
| Spinta semispessore sol. sup. | F1 | $(0.00+0.00)/2 \cdot 0.00/2$ | 0.00 kN/m |
| Spinta semispessore sol. inf. | F2 | $(57.27+61.49)/2 \cdot 1.10/2$ | 32.66 kN/m |
| Sisma orizzontale (Condizione SISMAH) | | | |
| Stato limite | | Salvaguardia della vita - SLU - | SLV |
| Vita nominale | V _N | | 75 anni |
| Classe d'uso | | | III |
| Coefficiente C _U | C _U | | 1.5 |
| Periodo di riferimento | V _R | | 112.5 anni |
| Accelerazione orizzontale | a _g /g | | 0.155 |
| Amplificazione spettrale | F _o | | 2.468 |
| Categoria sottosuolo | | A, B, C, D, E | C |
| Coeff. Amplificazione stratigrafica | S _s | | 1.470 |
| Coeff. Amplificazione topografica | S _t | | 1 |
| Coefficiente S | S | =S _s · S _t | 1.470 |
| accelerazione orizzontale max | a _{max} /g | =a _g /g · S | 0.228 |
| Fattore di struttura | q | | 1.00 |
| Coeff. sismico orizzontale | k _h | =a _{max} /g | 0.228 |
| Coeff. sismico verticale | k _v | = ±0.5 · k _h | 0.114 |
| Carico accidentale totale gravante sulla cop. | | $1.1 \cdot 1000 / (2.40 \cdot 6.40) \cdot 6.40 + 1.1 \cdot 80 / 2.40 \cdot 11.28 =$ | 0.0 kN/m |
| Forza orizz. sulla sol. di cop. | F _{Hs} | $0.228 \cdot (0.00 \cdot 25 + 0.00 + 0.2 \cdot 0.0 / 10.29) / 1.00 =$ | 0.00 kN/m² |
| Forza orizz. sui piedritti | F _{Hp} | $0.228 \cdot (0.99 \cdot 25) / 1.00 =$ | 5.64 kN/m² |
| Spinta del terreno in fase sismica (Condizione SPSPDX) | | | |
| Risultante della spinta sismica | ΔS _E | $= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (H_{int} + S_s + S_f + H_b + H_r)^2 = 0.228 \cdot 20 \cdot 8.00^2$ | 291.7 kN/m |
| Pressione risultante | Δp _E | $= \Delta S_E / H = 291.7 / 7.45$ | 39.16 kN/m² |

Seguono le schermate di applicazione dei principali carichi al modello:

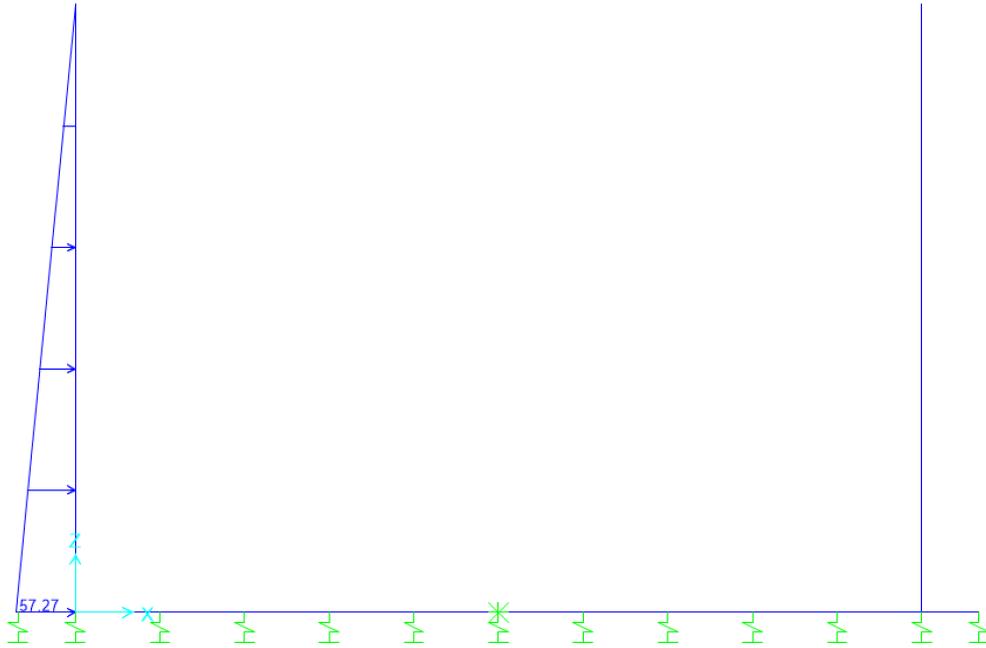


Figura 5: Condizione SPTSX

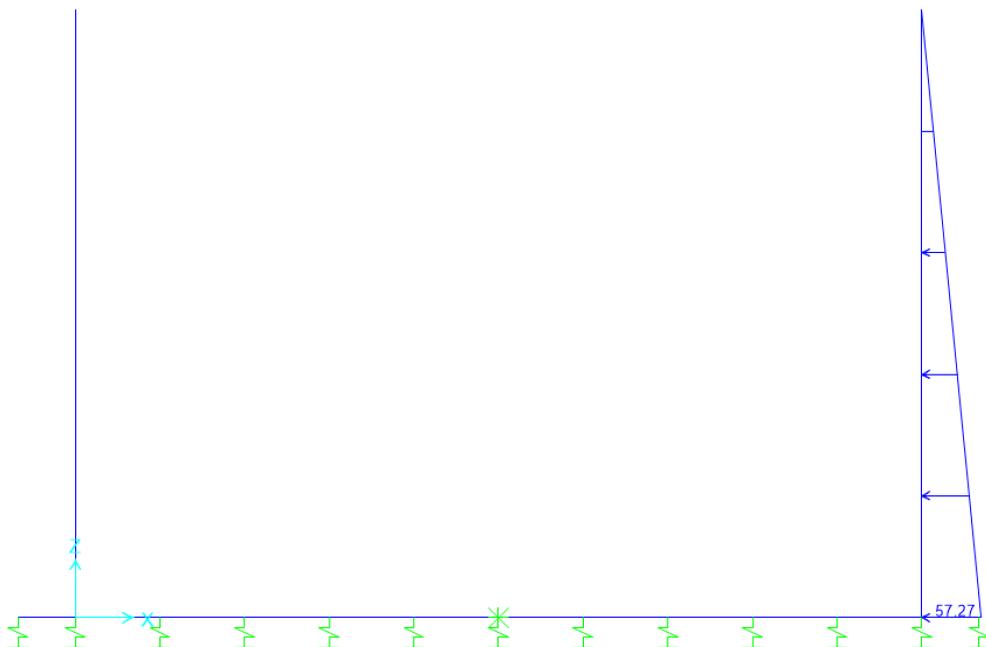


Figura 6: Condizione SPTDX

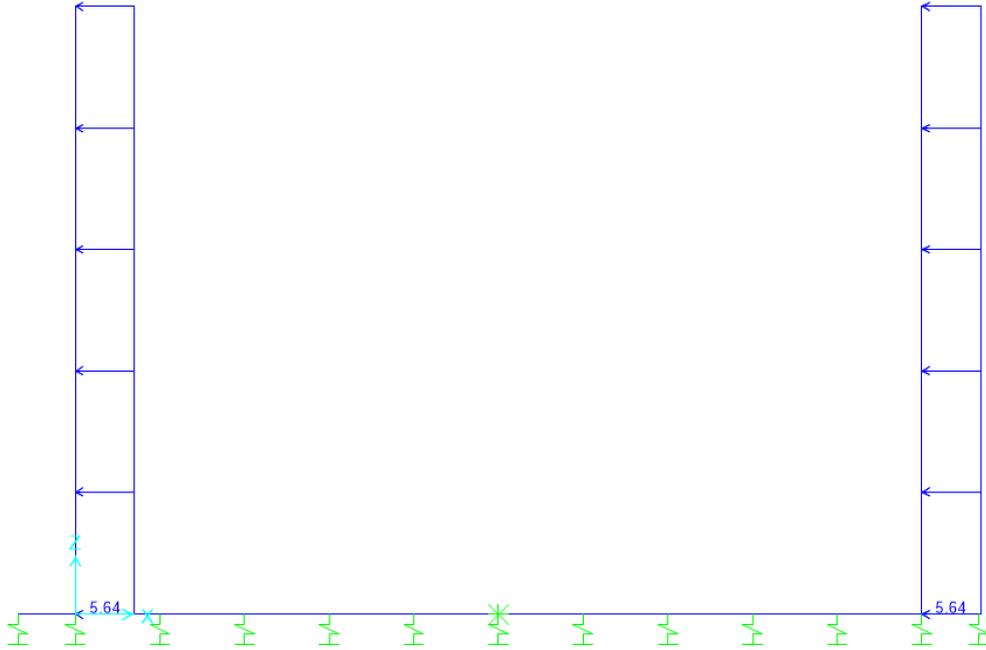


Figura 7: Condizione SISMAH

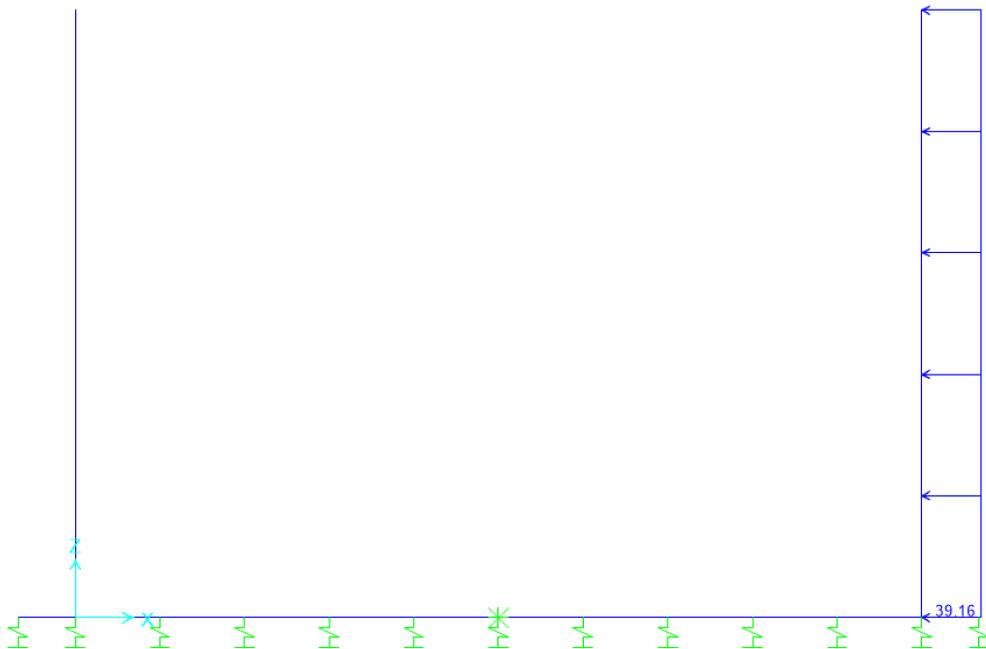


Figura 8: Condizione SPSDX

SL11 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 85+382.16
Relazione di calcolo imbrocchi

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00 | D 26 CL | SL1100002 | A | 27 di 45 |

10.3 Combinazioni

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

| N | PERM | PERM-G2 | ACC-M71 | ACC-T71 | AVV | SPTSX | SPTDX | SPQSx71 | SPQDx71 | TERM | RITIRO | SISMAH | SISMAV | SPSDX | ACC-SW | SPQSxSW | SPQDxSW |
|---------------|------|---------|---------|---------|------|-------|-------|---------|---------|------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|---------|
| 68 68S3-24S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.45 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 0 | 0 |
| 69 69S3-25S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.45 | 1.35 | 1.35 | 0 | 0 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 1.16 | 1.16 |
| 70 70S3-26S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.45 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0 | -0.9 | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 0 | 1.16 |
| 71 71SSS1-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | 0.5 | 0 | 1 | 0.3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 72 72SSS2-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | 0.5 | 0 | 1 | -0.3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 73 73SSS3-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | 0.5 | 0 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| 74 74SSS4-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | 0.5 | 0 | 0.3 | -1 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| 75 75SSS5-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | -0.5 | 1 | 1 | 0.3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 76 76SSS6-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | -0.5 | 1 | 1 | -0.3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 77 77SSS7-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | -0.5 | 1 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| 78 78SSS8-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0.2 | -0.5 | 1 | 0.3 | -1 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| 79 79SSS9S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 1 | 0.3 | 1 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 80 80SSS10S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 1 | -0.3 | 1 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 81 81SSS11S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 82 82SSS12S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.3 | -1 | 0.3 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 83 83SSS13S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 1 | 0.3 | 1 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 84 84SSS14S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 1 | -0.3 | 1 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 85 85SSS15S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 86 86SSS16S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0.3 | -1 | 0.3 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 87 87R3-11M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 88 88R3-11T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 89 89R3-12M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 90 90R3-12T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 91 91R3-13M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 92 92R3-13T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 93 93R3-14S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 |
| 94 94R3-15S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 95 95R3-16S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 |
| 96 96R3-21M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 97 97R3-21T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 98 98R3-22M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 99R3-22T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100 100R3-23M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 101 101R3-23T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 102 102R3-24S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 |
| 103 103R3-25S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 104 104R3-26S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 |
| 105 105R1T11M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 106 106R1T11T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 107 107R1T12M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 108 108R1T12T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 109 109R1T13M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 110 110R1T13T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 111 111R1T14S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 |
| 112 112R1T15S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 113 113R1T16S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 |
| 114 114R1T21M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 115 115R1T21T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 116 116R1T22M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 117 117R1T22T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 118 118R1T23M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 119 119R1T23T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 120 120R1T24S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 |
| 121 121R1T25S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 122 122R1T26S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 |

dove:

- PERM** : carichi permanenti
- PERM-G2** : carichi permanenti non strutturali
- ACC-M71** : carichi da traffico concentrato LM71 (disposizione per massimizzare il momento)
- ACC-T71** : carichi da traffico concentrato LM71(disposizione per massimizzare il taglio)
- ACC-SW** : carichi da traffico concentrato SW/2
- AVV** : avviamento
- SPTSx** : spinta del terreno sulla parete sx
- SPTDx** : spinta del terreno sulla parete dx
- SPQSx71** : spinta del carico accidentale LM71 sulla parete sx
- SPQDx71** : spinta del carico accidentale LM71 sulla parete dx



**PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

**SL11 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al
km 85+382.16
Relazione di calcolo imbocchi**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 26 CL | SL1100002 | A | 29 di 45 |

TERM : termica

RITIRO : ritiro

SISMAH : azione sismica

SISDX : incremento sismico della spinta del terreno

SPQSxSW : spinta del carico accidentale SW/2 sulla parete sx

SPQDxSW : spinta del carico accidentale SW/2 sulla parete dx

10.4 Sollecitazioni

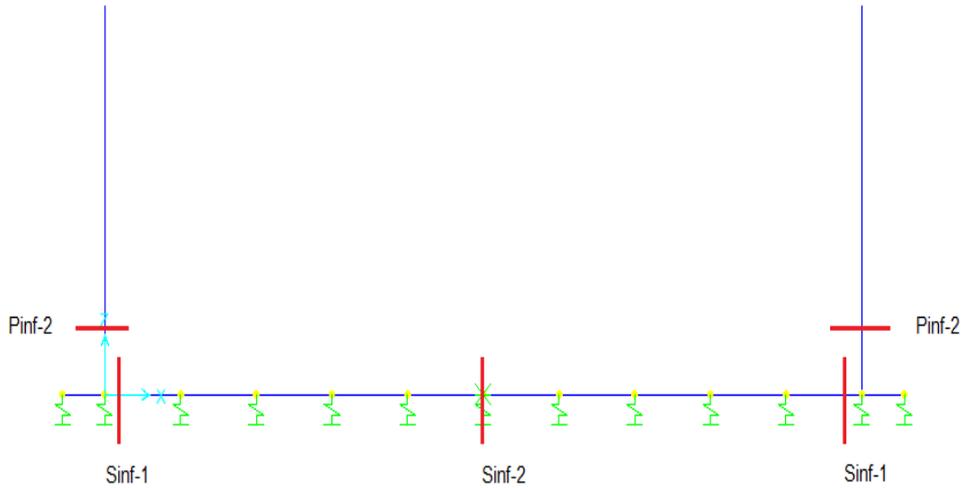


Figura 9: Sezioni di verifica

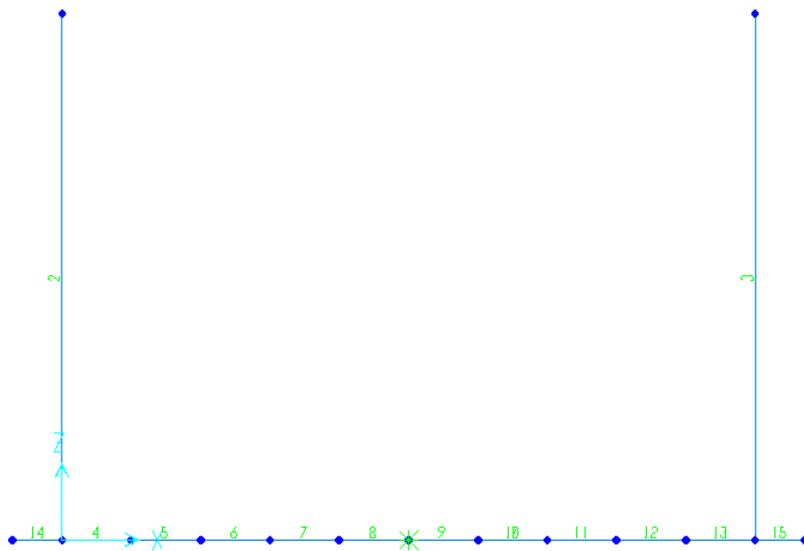


Figura 10: Nomenclatura frame

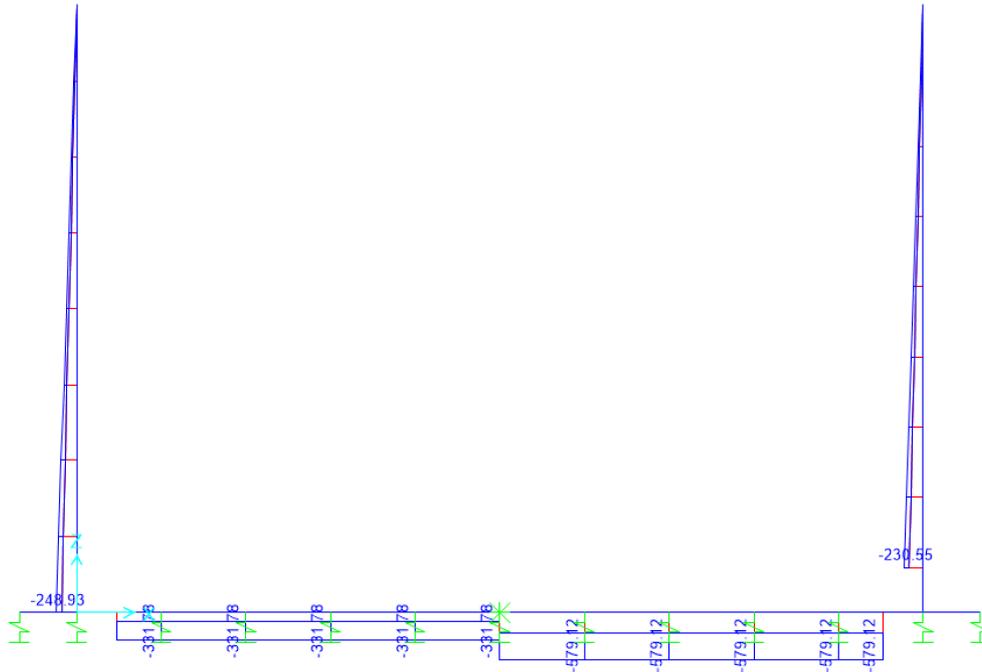


Figura 11: Sforzo Normale – Inviluppo SLU (kN)

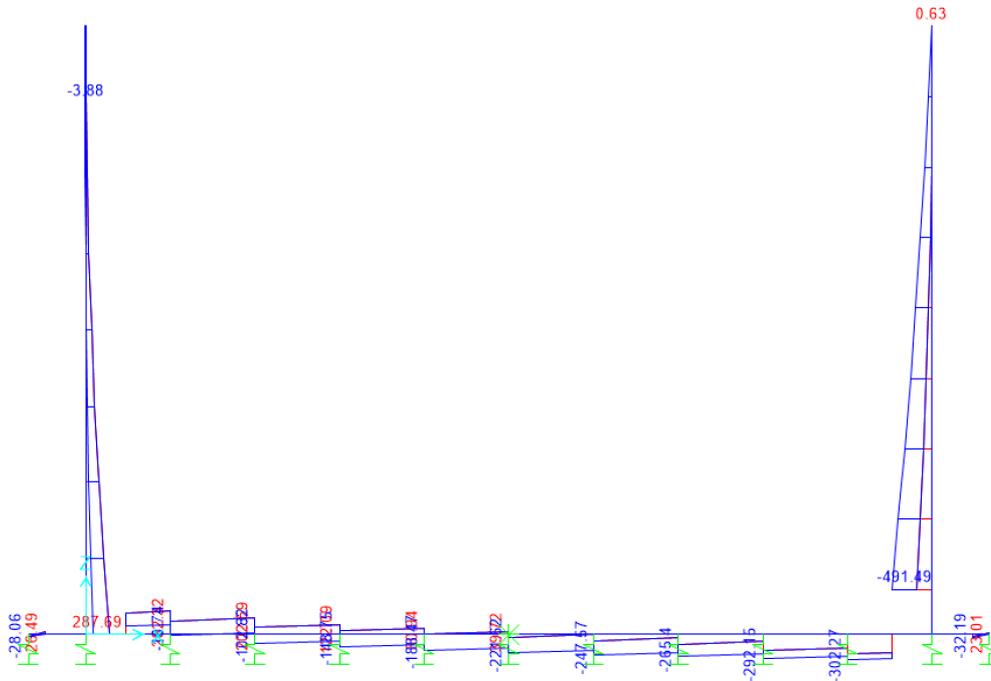


Figura 12: Taglio – Inviluppo SLU (kN)

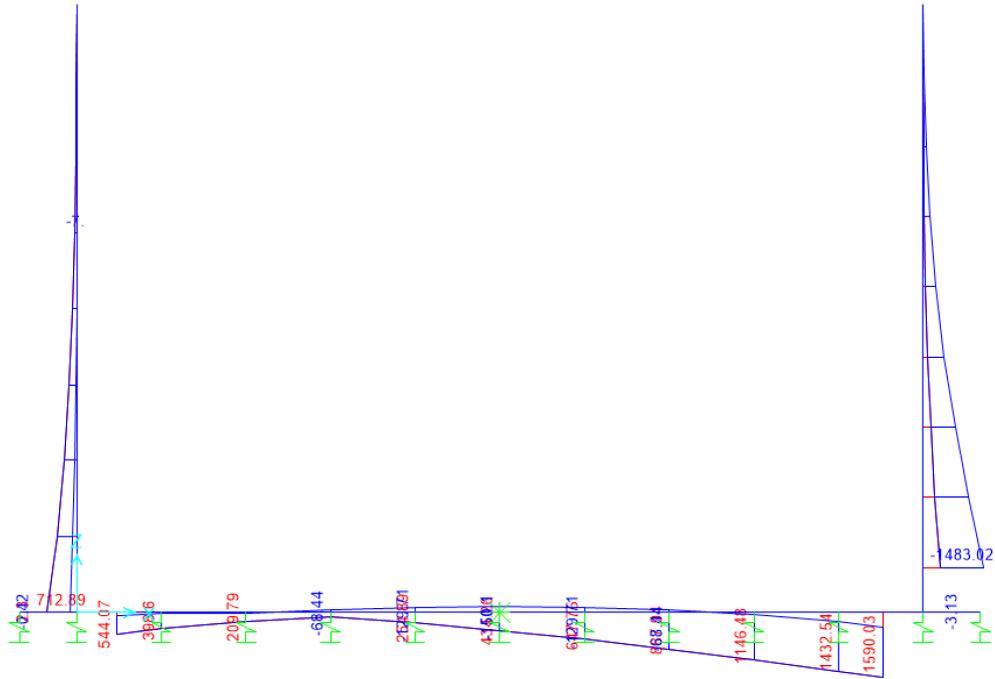


Figura 13: Momento flettente – Involuppo SLU (kNm)

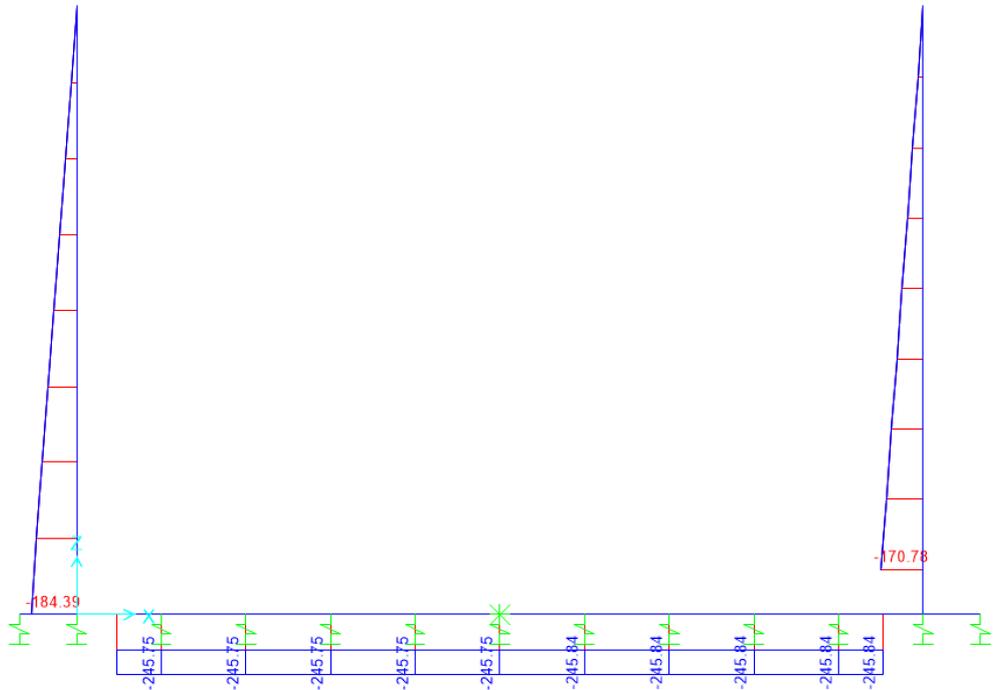


Figura 14: Sforzo normale – Involuppo SLE-Rara (kNm)

**SL11 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al
km 85+382.16**
Relazione di calcolo imbotchi

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 26 CL | SL1100002 | A | 33 di 45 |

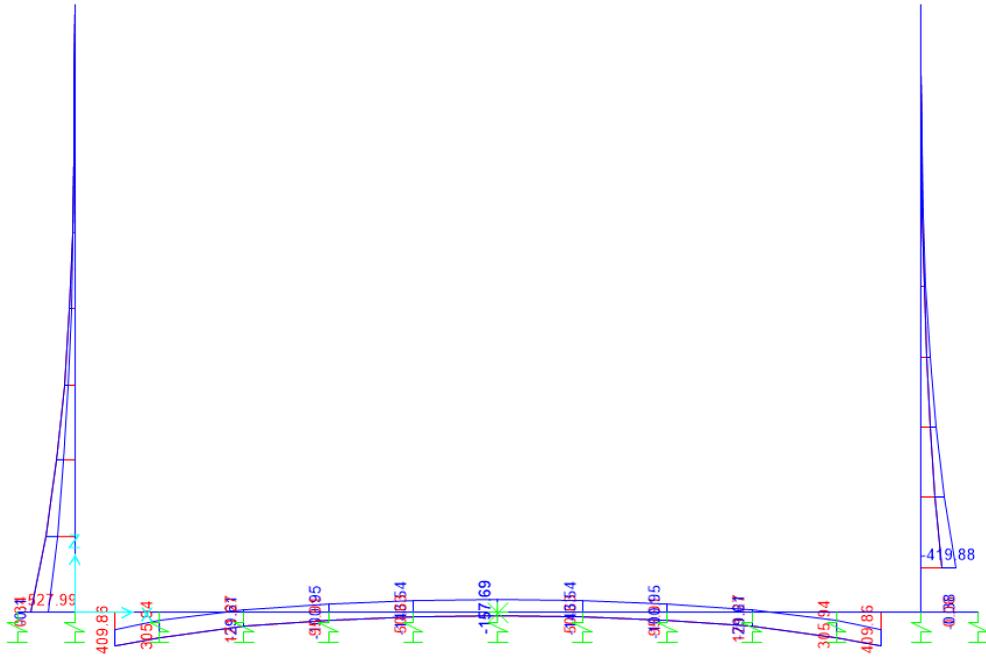


Figura 15: Momento flettente – Involuppo SLE-Rara (KNm)

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 |
| Piedritto - Spiccato | 5 Ø26 | 5 Ø26 | 5 Ø20 | - |
| Soletta inferiore - Campata | 5 Ø20 | - | 5 Ø26 | - |
| Soletta inferiore - Appoggio | 5 Ø26 | 5 Ø26 | 5 Ø20 | - |

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

10.5.2 Verifica piedritti

- Verifica a pressoflessione spiccato (Pied-Spicce)

| 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 | 94 cm |
| Base della sezione b | 100 cm |
| Copriferro d' | 8.7 cm |
| Altezza utile della sezione d | 85.3 cm |

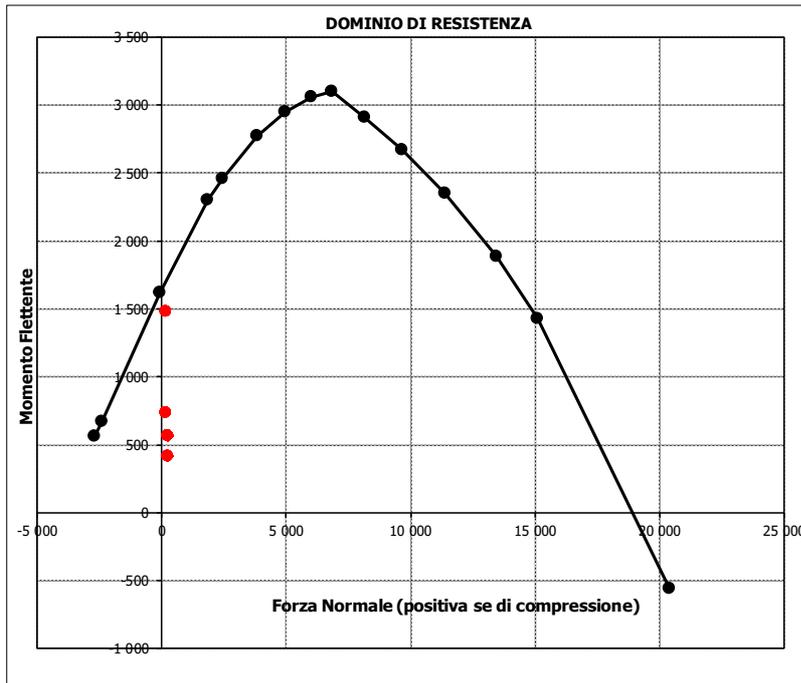
| Armatura tesa | | | |
|---------------|----------|-------|-----------------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 5 | 26 | 26.55 | cm ² |
| 5 | 26 | 26.55 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | | 53.09 cm² |

| Armatura compressa | | | |
|--------------------|----------|-------|-----------------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 5 | 20 | 15.71 | cm ² |
| 0 | 0 | 0.00 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| | | | 15.71 cm² |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|----------|-----------|--|
| Comb. | Nsd [kN] | Msd [kNm] | |
| (Nmax) 01S1-11M | 231 | 420 | |
| (Nmin) 71SS1-- | 171 | 1483 | |
| (Mmax) 71SS1-- | 171 | 1483 | |
| (Mmin) 01S1-11M | 231 | 420 | |

Caratteristiche di sollecitazione

| Comb. | Nsd | Msd | Comb. | Nsd | Msd |
|----------|-----|-----|----------|-----|------|
| 01S1-11M | 231 | 420 | 44S1T23M | 231 | 567 |
| 02S1-11T | 231 | 420 | 45S1T23T | 231 | 567 |
| 03S1-12M | 231 | 566 | 46S1T24- | 231 | 566 |
| 04S1-12T | 231 | 566 | 47S1T25- | 231 | 567 |
| 05S1-13M | 231 | 567 | 48S1T26S | 231 | 420 |
| 06S1-13T | 231 | 567 | 49S1T27S | 231 | 566 |
| 07S1-14- | 231 | 566 | 50S1T28S | 231 | 567 |
| 08S1-15- | 231 | 567 | 51S1T29S | 231 | 566 |
| 09S1-16S | 231 | 420 | 52S1T30S | 231 | 567 |
| 10S1-17S | 231 | 566 | 53S3-11M | 231 | 420 |
| 11S1-18S | 231 | 567 | 54S3-11T | 231 | 420 |
| 12S1-19S | 231 | 566 | 55S3-12M | 231 | 566 |
| 13S1-20S | 231 | 567 | 56S3-12T | 231 | 566 |
| 14S1-21M | 231 | 420 | 57S3-13M | 231 | 567 |
| 15S1-21T | 231 | 420 | 58S3-13T | 231 | 567 |
| 16S1-22M | 231 | 566 | 59S3-14S | 231 | 420 |
| 17S1-22T | 231 | 566 | 60S3-15S | 231 | 566 |
| 18S1-23M | 231 | 567 | 61S3-16S | 231 | 567 |
| 19S1-23T | 231 | 567 | 62S3-21M | 231 | 420 |
| 20S1-24- | 231 | 566 | 63S3-21T | 231 | 420 |
| 21S1-25- | 231 | 567 | 64S3-22M | 231 | 566 |
| 22S1-26S | 231 | 420 | 65S3-22T | 231 | 566 |
| 23S1-27S | 231 | 566 | 66S3-23M | 231 | 567 |
| 24S1-28S | 231 | 567 | 67S3-23T | 231 | 567 |
| 25S1-29S | 231 | 566 | 68S3-24S | 231 | 420 |
| 26S1-30S | 231 | 567 | 69S3-25S | 231 | 566 |
| 27S1T11M | 231 | 420 | 70S3-26S | 231 | 567 |
| 28S1T11T | 231 | 420 | 71SSS1-- | 171 | 1483 |
| 29S1T12M | 231 | 566 | 72SSS2-- | 171 | 1483 |
| 30S1T12T | 231 | 566 | 73SSS3-- | 171 | 739 |
| 31S1T13M | 231 | 567 | 74SSS4-- | 171 | 739 |
| 32S1T13T | 231 | 567 | 75SSS5-- | 171 | 1483 |
| 33S1T14- | 231 | 566 | 76SSS6-- | 171 | 1483 |
| 34S1T15- | 231 | 567 | 77SSS7-- | 171 | 739 |
| 35S1T16S | 231 | 420 | 78SSS8-- | 171 | 739 |
| 36S1T17S | 231 | 566 | 79SSS9S | 171 | 1483 |
| 37S1T18S | 231 | 567 | 80SSS10S | 171 | 1483 |
| 38S1T19S | 231 | 566 | 81SSS11S | 171 | 739 |
| 39S1T20S | 231 | 567 | 82SSS12S | 171 | 739 |
| 40S1T21M | 231 | 420 | 83SSS13S | 171 | 1483 |
| 41S1T21T | 231 | 420 | 84SSS14S | 171 | 1483 |
| 42S1T22M | 231 | 566 | 85SSS15S | 171 | 739 |
| 43S1T22T | 231 | 566 | 86SSS16S | 171 | 739 |



- 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 | 491 |
| N_{Ed} | kN | 0 |

Piedritto

Armatura a taglio

| | | |
|-----------------|-----------------|------|
| Diametro | mm | 10 |
| Numero barre | | 5 |
| A_{sw} | cm ² | 3.93 |
| Passo s | cm | 20 |
| Angolo α | ° | 90 |

Armatura longitudinale

| | | |
|-----------------|-----------------|-------|
| n_1 | | 5 |
| \varnothing_1 | mm | 26 |
| n_2 | | 5 |
| \varnothing_2 | mm | 26 |
| A_{sl} | cm ² | 53.09 |

Sezione

| | | |
|---------------|-------------------|--------|
| b_w | cm | 100 |
| H | cm | 94 |
| c | cm | 8.7 |
| d | cm | 85.3 |
| k | N/mm ² | 1.48 |
| v_{min} | N/mm ² | 0.36 |
| ρ | | 0.0062 |
| σ_{cp} | N/mm ² | 0.00 |
| α_c | | 1.00 |

Resistenza senza armatura a taglio

| | | |
|----------|----|--|
| V_{Rd} | kN | 417 |
| V_{Rd} | kN | NECESSITA ARMATURA A TAGLIO |

Resistenza con armatura a taglio

| | | |
|-------------------------------|----|-------------------|
| $\cot\alpha$ | | 0.5 |
| v | | 0.5 |
| ω_{sw} | | 0.04 |
| $\cot\theta$ | | 2.50 |
| Inclinazione puntone θ | ° | 21.8 |
| V_{RSd} | kN | 1475 |
| V_{RCd} | kN | 2490 |
| V_{Rd} | kN | 1475 |
| V_{Rd} | kN | VERIFICATO |

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spicc)

Sollecitazioni

| | | | |
|-------------------|---|------------|------|
| Momento flettente | M | 420 | kN m |
| Sforzo normale | N | 0 | kN |

Materiali

| | | | |
|---|----------------|--------------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo | R_{ck} | 40 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo | f_{ck} | 33.2 | N/mm ² |
| Modulo elastico del calcestruzzo | E_{cm} | 33642.78 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile cls | σ_{amm} | 18.3 | N/mm ² |
| Res. media a trazione cls | f_{ctm} | 3.5 | N/mm ² |
| Res. caratteristica a trazione cls | f_{ctk} | 2.4 | N/mm ² |
| Tensione di snervamento acciaio | f_{yk} | 450.00 | N/mm ² |
| Modulo elastico dell'acciaio | E_s | 205000.00 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile acciaio | σ_{amm} | 337.5 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |

Caratteristiche geometriche

| | | | | | |
|--------------------------------|---------|------------|-----------------|----------------------|-----------------------------|
| Altezza sezione | H | 94 | cm | | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | | |
| Armatura compressa (1° strato) | As_1' | 15.71 | cm ² | 5 Ø 20 | $c_{s1} = \mathbf{8.7}$ cm |
| Armatura compressa (2° strato) | As_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $c_{s2} = \mathbf{9.7}$ cm |
| Armatura tesa (2° strato) | As_2 | 26.55 | cm ² | 5 Ø 26 | $c_{t2} = \mathbf{11.3}$ cm |
| Armatura tesa (1° strato) | As_1 | 26.55 | cm ² | 5 Ø 26 | $c_{t1} = \mathbf{8.7}$ cm |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|--------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 3.6 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 108.3 | N/mm ² | < σ_{samm} |

| | | | | |
|--|------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità | e (M) | ∞ | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | ∞ | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 28.2 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 10363 | cm ² | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 8358770.079 | cm ⁴ | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id^*} | 3318147.445 | cm ⁴ | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-----|------|----------------------------|
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 431 | kN m | La sezione non è fessurata |
|---------------------------------------|--------------|-----|------|----------------------------|

10.5.3 Verifica soletta inferiore

- Verifica a pressoflessione campata (Solinf-Camp)

Acciaio

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

Calcestruzzo

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

| | | |
|-------------|----|----|
| 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 | $d' = 8.4$ | cm |
| Altezza utile della sezione | $d = 101.6$ | cm |

Armatura tesa

| | | |
|----------|----------|-----------------------------|
| N° ferri | Diametro | Area |
| 5 | 20 | 15.71 cm ² |
| 0 | 0 | 0.00 cm ² |
| | | 15.71 cm² |

Armatura compressa

| | | |
|----------|----------|-----------------------------|
| N° ferri | Diametro | Area |
| 5 | 26 | 26.55 cm ² |
| 0 | 0 | 0.00 cm ² |
| | | 26.55 cm² |

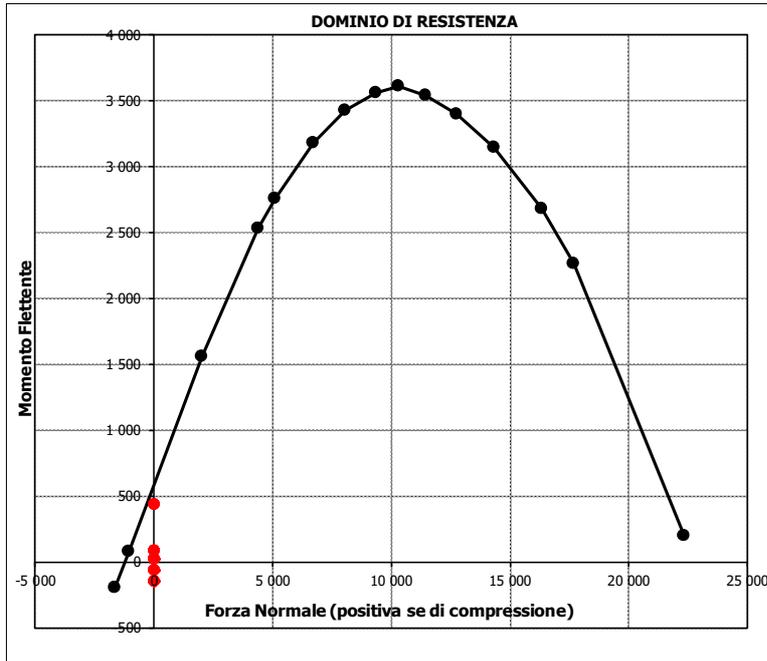
Caratteristiche di sollecitazione

Comb. Nsd [kN] Msd [kNm]

| | | | |
|--------|----------|---|------|
| (Mmax) | 71SSS1-- | 0 | 434 |
| (Mmin) | 01S1-11M | 0 | -150 |

Caratteristiche di sollecitazione

| Comb. | Nsd | Msd | Comb. | Nsd | Msd |
|----------|-----|------|----------|-----|------|
| 01S1-11M | 0 | -150 | 44S1T23M | 0 | -66 |
| 02S1-11T | 0 | -150 | 45S1T23T | 0 | -66 |
| 03S1-12M | 0 | 19 | 46S1T24- | 0 | 19 |
| 04S1-12T | 0 | 19 | 47S1T25- | 0 | -66 |
| 05S1-13M | 0 | -66 | 48S1T26S | 0 | -150 |
| 06S1-13T | 0 | -66 | 49S1T27S | 0 | 19 |
| 07S1-14- | 0 | 19 | 50S1T28S | 0 | -66 |
| 08S1-15- | 0 | -66 | 51S1T29S | 0 | 19 |
| 09S1-16S | 0 | -150 | 52S1T30S | 0 | -66 |
| 10S1-17S | 0 | 19 | 53S3-11M | 0 | -150 |
| 11S1-18S | 0 | -66 | 54S3-11T | 0 | -150 |
| 12S1-19S | 0 | 19 | 55S3-12M | 0 | 19 |
| 13S1-20S | 0 | -66 | 56S3-12T | 0 | 19 |
| 14S1-21M | 0 | -150 | 57S3-13M | 0 | -66 |
| 15S1-21T | 0 | -150 | 58S3-13T | 0 | -66 |
| 16S1-22M | 0 | 19 | 59S3-14S | 0 | -150 |
| 17S1-22T | 0 | 19 | 60S3-15S | 0 | 19 |
| 18S1-23M | 0 | -66 | 61S3-16S | 0 | -66 |
| 19S1-23T | 0 | -66 | 62S3-21M | 0 | -150 |
| 20S1-24- | 0 | 19 | 63S3-21T | 0 | -150 |
| 21S1-25- | 0 | -66 | 64S3-22M | 0 | 19 |
| 22S1-26S | 0 | -150 | 65S3-22T | 0 | 19 |
| 23S1-27S | 0 | 19 | 66S3-23M | 0 | -66 |
| 24S1-28S | 0 | -66 | 67S3-23T | 0 | -66 |
| 25S1-29S | 0 | 19 | 68S3-24S | 0 | -150 |
| 26S1-30S | 0 | -66 | 69S3-25S | 0 | 19 |
| 27S1T11M | 0 | -150 | 70S3-26S | 0 | -66 |
| 28S1T11T | 0 | -150 | 71SSS1-- | 0 | 434 |
| 29S1T12M | 0 | 19 | 72SSS2-- | 0 | 434 |
| 30S1T12T | 0 | 19 | 73SSS3-- | 0 | 88 |
| 31S1T13M | 0 | -66 | 74SSS4-- | 0 | 88 |
| 32S1T13T | 0 | -66 | 75SSS5-- | 0 | 434 |
| 33S1T14- | 0 | 19 | 76SSS6-- | 0 | 434 |
| 34S1T15- | 0 | -66 | 77SSS7-- | 0 | 88 |
| 35S1T16S | 0 | -150 | 78SSS8-- | 0 | 88 |
| 36S1T17S | 0 | 19 | 79SSS9S | 0 | 434 |
| 37S1T18S | 0 | -66 | 80SSS10S | 0 | 434 |
| 38S1T19S | 0 | 19 | 81SSS11S | 0 | 88 |
| 39S1T20S | 0 | -66 | 82SSS12S | 0 | 88 |
| 40S1T21M | 0 | -150 | 83SSS13S | 0 | 434 |
| 41S1T21T | 0 | -150 | 84SSS14S | 0 | 434 |
| 42S1T22M | 0 | 19 | 85SSS15S | 0 | 88 |
| 43S1T22T | 0 | 19 | 86SSS16S | 0 | 88 |



• Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-App)

Acciaio

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

Calcestruzzo

| | |
|------------|------------------------|
| Tipo | 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 |
| 5 | 26 | 26.55 cm ² |
| 5 | 26 | 26.55 cm ² |
| | | 0.00 cm ² |
| | | 53.09 cm² |

Armatura compressa

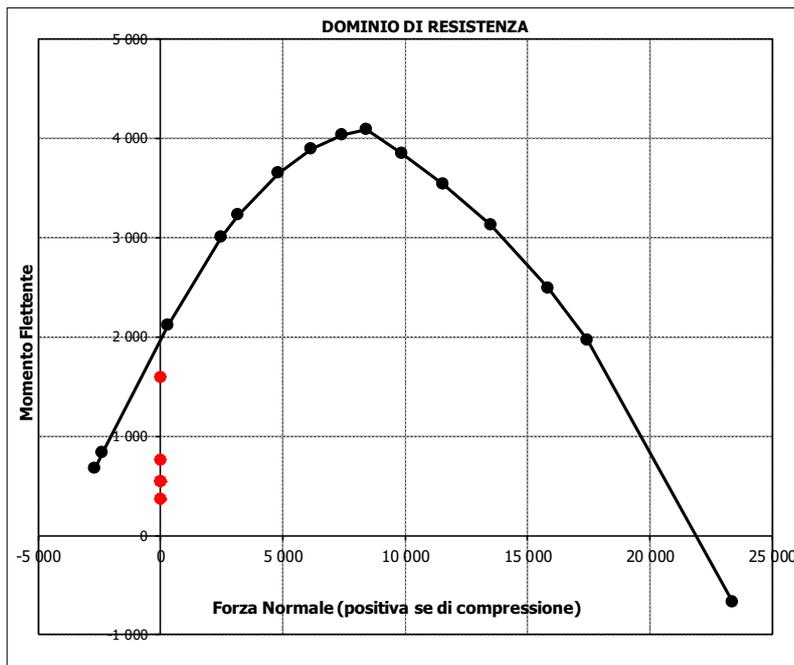
| | | |
|----------|----------|-----------------------------|
| N° ferri | Diametro | Area |
| 5 | 20 | 15.71 cm ² |
| 0 | 0 | 0.00 cm ² |
| | | 0.00 cm ² |
| | | 15.71 cm² |

Caratteristiche di sollecitazione

| | | |
|--------|----------|-----------|
| Comb. | Nsd [kN] | Msd [kNm] |
| (Mmax) | 71SSS1-- | 0 1590 |
| (Mmin) | 01S1-11M | 0 362 |

Caratteristiche di sollecitazione

| Comb. | Nsd | Msd | Comb. | Nsd | Msd |
|----------|-----|-----|----------|-----|------|
| 01S1-11M | 0 | 362 | 44S1T23M | 0 | 539 |
| 02S1-11T | 0 | 362 | 45S1T23T | 0 | 539 |
| 03S1-12M | 0 | 544 | 46S1T24- | 0 | 544 |
| 04S1-12T | 0 | 544 | 47S1T25- | 0 | 539 |
| 05S1-13M | 0 | 539 | 48S1T26S | 0 | 362 |
| 06S1-13T | 0 | 539 | 49S1T27S | 0 | 544 |
| 07S1-14- | 0 | 544 | 50S1T28S | 0 | 539 |
| 08S1-15- | 0 | 539 | 51S1T29S | 0 | 544 |
| 09S1-16S | 0 | 362 | 52S1T30S | 0 | 539 |
| 10S1-17S | 0 | 544 | 53S3-11M | 0 | 362 |
| 11S1-18S | 0 | 539 | 54S3-11T | 0 | 362 |
| 12S1-19S | 0 | 544 | 55S3-12M | 0 | 544 |
| 13S1-20S | 0 | 539 | 56S3-12T | 0 | 544 |
| 14S1-21M | 0 | 362 | 57S3-13M | 0 | 539 |
| 15S1-21T | 0 | 362 | 58S3-13T | 0 | 539 |
| 16S1-22M | 0 | 544 | 59S3-14S | 0 | 362 |
| 17S1-22T | 0 | 544 | 60S3-15S | 0 | 544 |
| 18S1-23M | 0 | 539 | 61S3-16S | 0 | 539 |
| 19S1-23T | 0 | 539 | 62S3-21M | 0 | 362 |
| 20S1-24- | 0 | 544 | 63S3-21T | 0 | 362 |
| 21S1-25- | 0 | 539 | 64S3-22M | 0 | 544 |
| 22S1-26S | 0 | 362 | 65S3-22T | 0 | 544 |
| 23S1-27S | 0 | 544 | 66S3-23M | 0 | 539 |
| 24S1-28S | 0 | 539 | 67S3-23T | 0 | 539 |
| 25S1-29S | 0 | 544 | 68S3-24S | 0 | 362 |
| 26S1-30S | 0 | 539 | 69S3-25S | 0 | 544 |
| 27S1T11M | 0 | 362 | 70S3-26S | 0 | 539 |
| 28S1T11T | 0 | 362 | 71SSS1-- | 0 | 1590 |
| 29S1T12M | 0 | 544 | 72SSS2-- | 0 | 1590 |
| 30S1T12T | 0 | 544 | 73SSS3-- | 0 | 760 |
| 31S1T13M | 0 | 539 | 74SSS4-- | 0 | 760 |
| 32S1T13T | 0 | 539 | 75SSS5-- | 0 | 1590 |
| 33S1T14- | 0 | 544 | 76SSS6-- | 0 | 1590 |
| 34S1T15- | 0 | 539 | 77SSS7-- | 0 | 760 |
| 35S1T16S | 0 | 362 | 78SSS8-- | 0 | 760 |
| 36S1T17S | 0 | 544 | 79SSS9S | 0 | 1590 |
| 37S1T18S | 0 | 539 | 80SSS10S | 0 | 1590 |
| 38S1T19S | 0 | 544 | 81SSS11S | 0 | 760 |
| 39S1T20S | 0 | 539 | 82SSS12S | 0 | 760 |
| 40S1T21M | 0 | 362 | 83SSS13S | 0 | 1590 |
| 41S1T21T | 0 | 362 | 84SSS14S | 0 | 1590 |
| 42S1T22M | 0 | 544 | 85SSS15S | 0 | 760 |
| 43S1T22T | 0 | 544 | 86SSS16S | 0 | 760 |



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

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

Calcestruzzo

| | | |
|---------------|--------|-------------------|
| Tipo | 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 | 302 |
| N_{Ed} | kN | 0 |

Soletta inf

Armatura a taglio

| | | |
|-----------------|-----------------|------|
| Diametro | mm | 10 |
| Numero barre | | 5 |
| A_{sw} | cm ² | 3.93 |
| Passo s | cm | 20 |
| Angolo α | ° | 90 |

Armatura longitudinale

| | | |
|-----------------|-----------------|-------|
| n_1 | | 5 |
| \varnothing_1 | mm | 26 |
| n_2 | | 5 |
| \varnothing_2 | mm | 26 |
| 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 | VERIFICATO |

- Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

Sollecitazioni

| | | | |
|-------------------|---|------------|------|
| Momento flettente | M | 158 | kN m |
| Sforzo normale | N | 0 | kN |

Materiali

| | | | |
|---|-----------------|--------------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo | R_{ck} | 40 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo | f_{ck} | 33.2 | N/mm ² |
| Modulo elastico del calcestruzzo | E_{cm} | 33642.78 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile cls | σ_{camm} | 18.3 | N/mm ² |
| Res. media a trazione cls | f_{ctm} | 3.5 | N/mm ² |
| Res. caratteristica a trazione cls | f_{ctk} | 2.4 | 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} | 337.5 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |

Caratteristiche geometriche

| | | | | | |
|--------------------------------|---------|------------|-----------------|--------|-------------------|
| Altezza sezione | H | 110 | cm | | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 26.55 | cm ² | 5 Ø 26 | $c_{s1} = 8.4$ cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $c_{s2} = 9.7$ cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $c_{t2} = 9.4$ cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 15.71 | cm ² | 5 Ø 20 | $c_{t1} = 8.4$ cm |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|--------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 1.5 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 105.5 | N/mm ² | < σ_{samm} |

| | | | | |
|--|------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità | e (M) | ∞ | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | ∞ | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 17.9 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 11592 | cm ² | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 12468036.83 | cm ⁴ | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id}^* | 1877789.275 | cm ⁴ | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-----|------|----------------------------|
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 549 | kN m | La sezione non è fessurata |
|---------------------------------------|--------------|-----|------|----------------------------|

- Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

Sollecitazioni

| | | | |
|-------------------|---|------------|------|
| Momento flettente | M | 410 | kN m |
| Sforzo normale | N | 0 | kN |

Materiali

| | | | |
|---|-----------------|--------------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo | R_{ck} | 40 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo | f_{ck} | 33.2 | N/mm ² |
| Modulo elastico del calcestruzzo | E_{cm} | 33642.78 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile cls | σ_{camm} | 18.3 | N/mm ² |
| Res. media a trazione cls | f_{ctm} | 3.5 | N/mm ² |
| Res. caratteristica a trazione cls | f_{ctk} | 2.4 | 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} | 337.5 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |

Caratteristiche geometriche

| | | | | | |
|--------------------------------|---------|------------|-----------------|--------|--------------------|
| Altezza sezione | H | 110 | cm | | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 15.71 | cm ² | 5 Ø 20 | $c_{s1} = 8.7$ cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $c_{s2} = 9.7$ cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 26.55 | cm ² | 5 Ø 26 | $c_{t2} = 11.3$ cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 26.55 | cm ² | 5 Ø 26 | $c_{t1} = 8.7$ cm |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|-------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 2.6 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 87.7 | N/mm ² | < σ_{samm} |

| | | | | |
|--|------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità | e (M) | ∞ | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | ∞ | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 31.4 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 11963 | cm ² | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 13210804.95 | cm ⁴ | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id^*} | 4902526.745 | cm ⁴ | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-----|------|----------------------------|
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 582 | kN m | La sezione non è fessurata |
|---------------------------------------|--------------|-----|------|----------------------------|

11. INCIDENZA MURO U

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

| | |
|-------------------|-----------------|
| Piedritti | 90 kg/mc |
| Soletta inferiore | 70 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 $\varnothing 16/20$ ed un incremento del 15% per tener conto della presenza di legature e spille.

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.