

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

OPERE PRINCIPALI – SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76

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 1 0 0 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:IV0I00D26CLSL1000001A.docx

| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | 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 (traffico ferroviario) | 11 |
| 6.4 Azione di avviamento / frenatura | 14 |
| 6.5 Azione di serpeggio | 14 |
| 6.6 Azione del sisma | 14 |
| 6.7 Ritiro del calcestruzzo | 16 |
| 6.8 Variazione termica | 16 |
| 6.9 Spinta statica del terreno | 17 |
| 6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale | 18 |
| 6.11 Incremento di Spinta in condizione sismiche | 18 |
| 7. COMBINAZIONE DEI CARICHI | 19 |
| 8. VERIFICHE STRUTTURALI | 21 |
| 8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione | 21 |
| 8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio | 21 |
| 8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio | 23 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p> | | | | | |
| <p>SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare</p> | <p>COMMESSA IV01</p> | <p>LOTTO 00D26</p> | <p>CODIFICA CL</p> | <p>DOCUMENTO SL1000001</p> | <p>REV. A</p> | <p>FOGLIO 2 di 74</p> |

| | |
|--|-----------|
| 9. VERIFICHE GEOTECNICHE | 24 |
| 10. ANALISI STRUTTURALE | 25 |
| 10.1 Modellazione strutturale : Scatolare | 25 |
| 10.2 Analisi dei carichi | 27 |
| 10.3 Combinazioni | 46 |
| 10.4 Sollecitazioni | 50 |
| 10.5 Verifiche strutturali | 56 |
| 10.5.1 Riepilogo armature | 56 |
| 10.5.2 Verifica soletta superiore | 57 |
| 10.5.3 Verifica piedritti | 62 |
| 10.5.4 Verifica soletta inferiore | 67 |
| 11. INCIDENZA SCATOLARE | 72 |
| 12. DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2) | 73 |
| 12.1 Tipo di analisi svolte | 73 |
| 12.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo | 73 |
| 12.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati | 73 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

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 SL10 alla pk 84+849, in località Albenga, in prossimità raccordo autostradale.

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

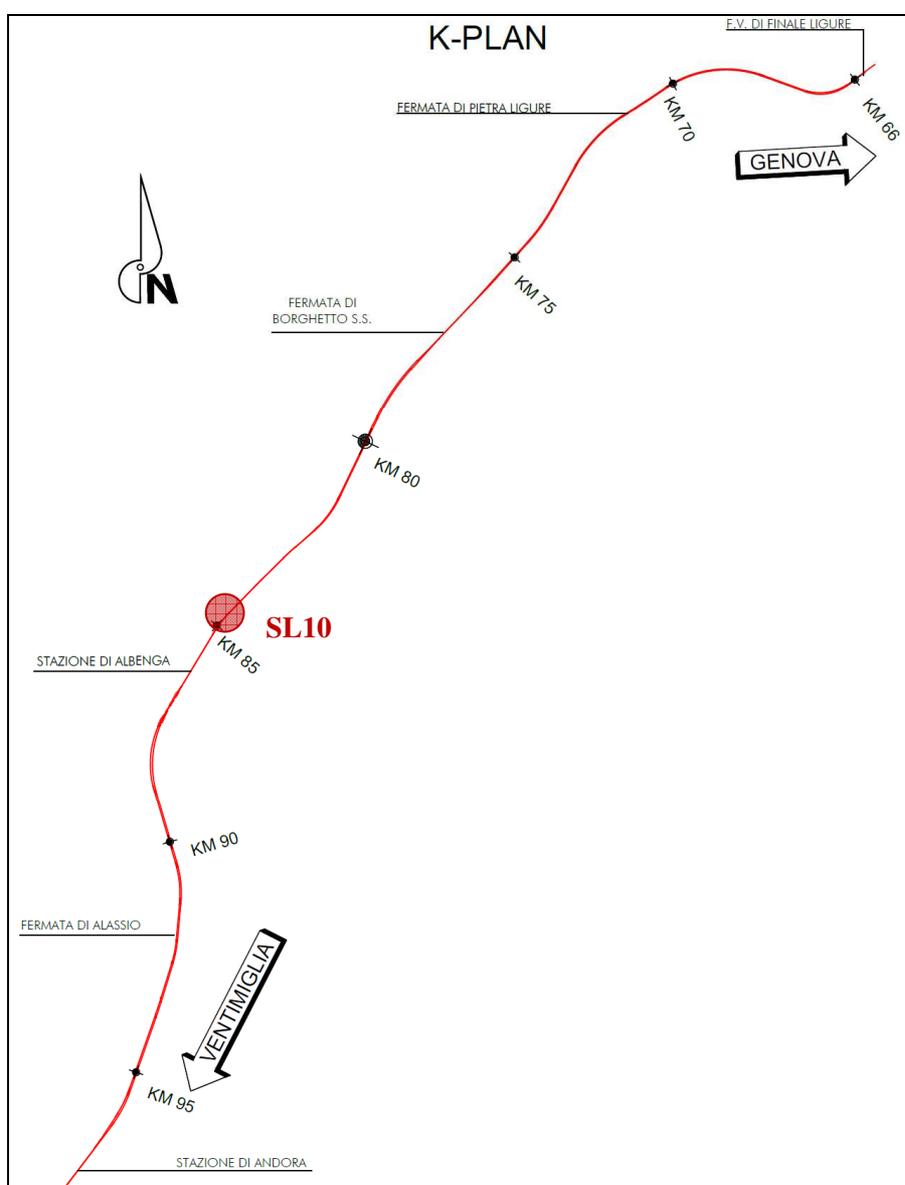


Figura 1: Raddoppio tratta Finale L. - Andora. Inquadramento dell'opera

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

2. DESCRIZIONE

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

Ricoprimento

| | | | |
|--------------------------------------|----|------|---|
| Spessore ballast+armamento | Hb | 0.80 | m |
| Spessore medio traversina+binario | Ht | 0.40 | m |
| Spessore ballast sotto la traversina | | 0.40 | m |
| Spessore del rinterro | Hr | 0.20 | m |

Geometria

| | | | |
|--------------------------------|------|-------|---|
| Spessore soletta superiore | Ss | 1.00 | m |
| Spessore soletta di fondazione | Sf | 1.00 | m |
| Spessore piedritti | Sp | 1.00 | m |
| Altezza netta | Hint | 6.70 | m |
| Larghezza netta | Lint | 10.00 | m |
| Lunghezza risvolti sol. inf. | Lr | 0.00 | m |
| Lunghezza dello scatolare | L | 16.14 | 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 | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | 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 | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | 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_{ctfm} | [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 | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | 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_{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 | |
|--------|--------|------------|-------------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------|
| Cmin | Co | ambiente | C \geq Co | Cmin \leq C<Co | C \geq Co | Cmin \leq C<Co | C \geq Co | Cmin \leq C<Co | C \geq Co | Cmin \leq C<Co |
| C25/30 | C35/45 | ordinario | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 | 30 | 30 | 35 |
| C30/37 | C40/50 | aggressivo | 25 | 30 | 30 | 35 | 35 | 40 | 40 | 45 |
| C35/45 | C45/55 | molto ag. | 35 | 40 | 40 | 45 | 45 | 50 | 50 | 50 |

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

Classe di esposizione: XC4

Copriferro di progetto: 50 mm

Condizioni ambientali: Aggressive

| | | | | | | |
|---|---|----------------|----------------|------------------------|-----------|-------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A | FOGLIO 8 di 74 |

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.

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | 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 | Prof top |
|-------|----------|
| - | m TOP* |
| 2 | 0 |
| CMVc | 9 |
| CMV | 16 |

| Unità | Descrizione | γ | ϕ | c' | c_u | E | V_s | ν |
|-------------------|--|----------|--------|------|-------|-----|-------|-------|
| - | - | 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-sabbiosa | 20 | 35 | 0 | - | 50 | 800 | 0.3 |
| * m da testa palo | | | | | | | | |

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.

| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | 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 |
| Ballast + armamento: | $\gamma_{ballast}$ | = 18.00 kN/m ³ |

6.2 Permanenti non strutturali

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

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

dove:

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

| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

6.3 Carichi mobili (traffico ferroviario)

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

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

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

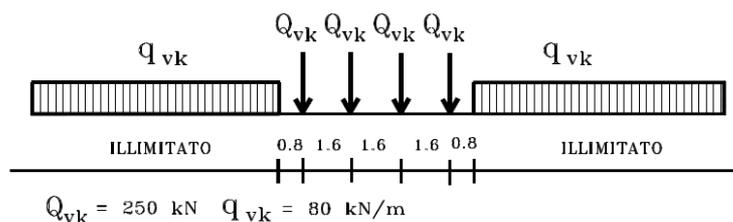
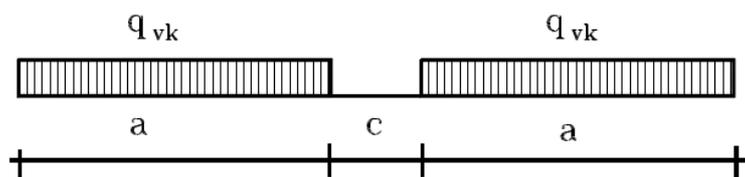


Figura 6.1 – Treno di carico LM71



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

Figura 6.2– Treno di carico SW

| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

Coefficiente di amplificazione dinamica Φ :

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

Per linee a ridotto standard manutentivo Φ sarà:

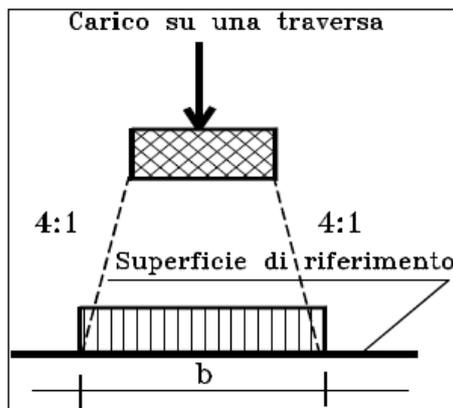
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Dove:

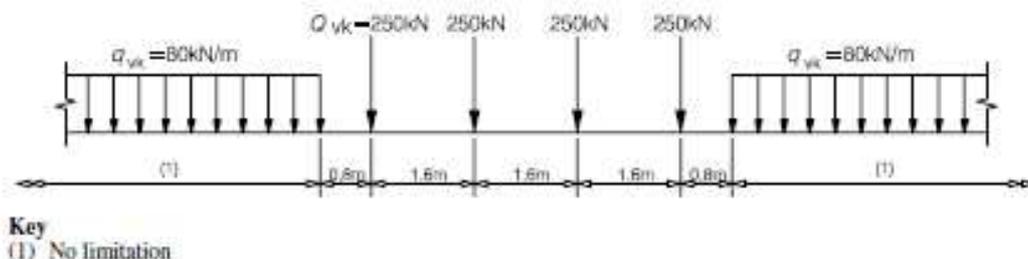
L_Φ rappresenta la lunghezza "caratteristica" in metri.

Determinazione delle larghezze di diffusione dei carichi mobili:

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



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

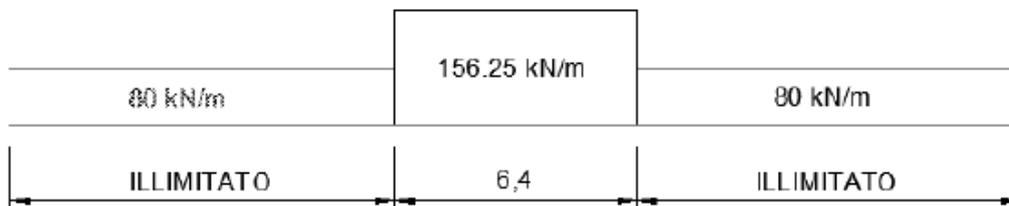


Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

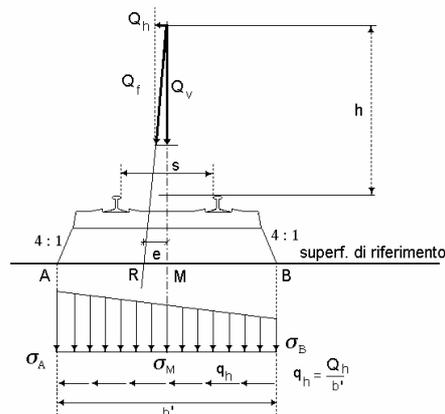
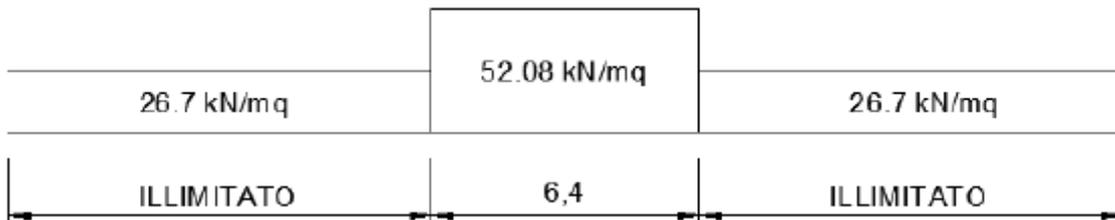
| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

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

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



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



La lunghezza di ripartizione trasversale verrà meglio esplicitata al §9.2.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

6.4 Azione di avviamento / frenatura

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

I valori caratteristici considerati sono i seguenti:

- Avviamento $Q_{1a,k} = 33 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$ per LM71 ed SW2
- Frenatura $Q_{1b,k} = 20 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$ per LM71
- $Q_{2b,k} = 35 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$ per SW/2

6.5 Azione di serpeggio

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

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

6.6 Azione del sisma

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

- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso $C_U = 2$
- 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:

Elaborazioni grafiche

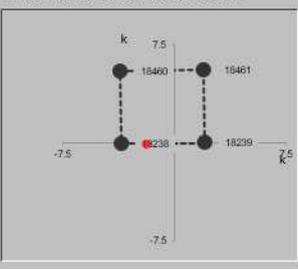
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul

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

superficie

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 info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di

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 | Valore | |
|---------------------------------|-----------------------|------|
| SLO - $P_{VR} = 81\%$ | 90 | |
| SLD - $P_{VR} = 63\%$ | 151 | |
| Stati limite ultimi - SLU | SLV - $P_{VR} = 10\%$ | 1424 |
| | SLC - $P_{VR} = 5\%$ | 2475 |

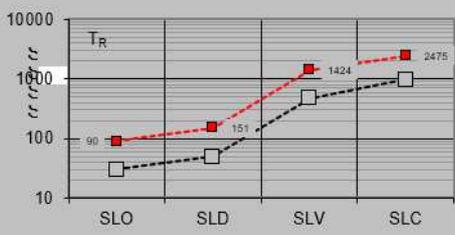
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

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

Parametri indipendenti

| | |
|--------------|---------|
| STATO LIMITE | SLV |
| a_d | 0.206 g |
| F_0 | 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 | 2.424 s |

6.7 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.

6.8 Variazione termica

La variazione termica applicata sulla struttura è pari a $\Delta T = +15^\circ\text{C}$, con un variazione termica 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 | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

6.9 Spinta statica del terreno

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

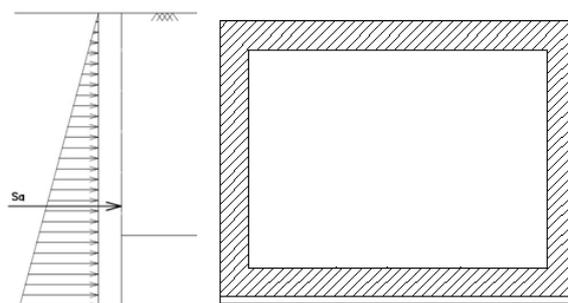


Figura 6.3 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

6.10 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

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

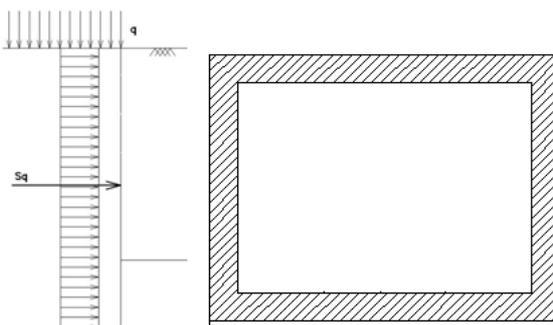


Figura 6.4– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

6.11 Incremento di Spinta in condizione sismiche

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

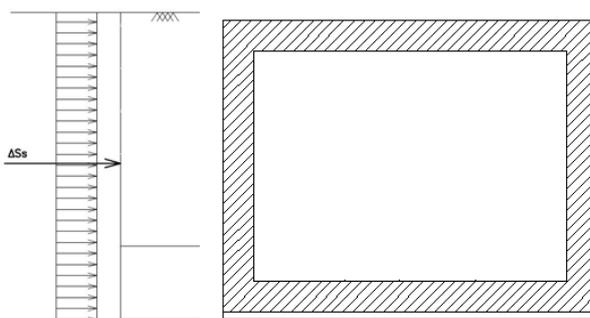


Figura 6.5– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | 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):

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

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

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

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

Tab. 1 – Valutazione dei carichi da traffico

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

| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

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

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

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

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

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

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

Tab. 3 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni

| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | 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":

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

| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

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

s è il passo delle staffe;

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

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

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

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | 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:

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

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

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

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:

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

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

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

| | | | | | | |
|---|---|----------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A | FOGLIO 24 di 74 |

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.

| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | 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

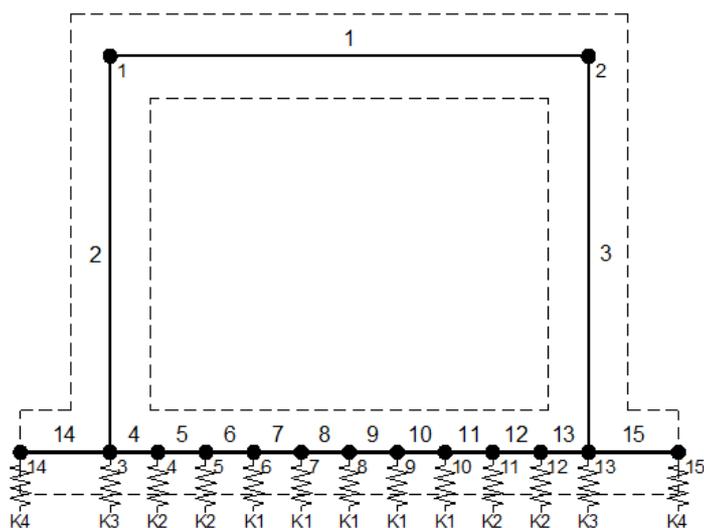
x = asse trasversale dello scatolare

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 | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | 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 Kw pari a 3129 kN/m³. Tale valore viene valutato tramite la teoria di Bowles, note le dimensioni della fondazione dell'opera e il modulo elastico del terreno di fondazione:

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

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 verticali

| | | | |
|--|----------------|--|-----------------------|
| Modulo elastico del terreno | E _t | 10.00 | N/mm ² |
| Coefficiente di Poisson | v | 0.30 | - |
| Larghezza della fondazione | B | B = L _r +S _p +L _{int} +S _p +L _r | 12.00 m |
| Lato maggiore della fondazione | L | 16.14 | m |
| Fattore di forma | C _t | 1.01 | - |
| Terreno di fondazione - Costante di sottofondo | K _w | K _w = E _t /((1-ν ²)*B*c _t) | 906 kN/m ³ |
| Interasse molle | i | i = (S _p /2+L _{int} +S _p /2)/10 | 1.10 m |
| Molle centrali | K1 | K ₁ = K _w *i | 996 kN/m |
| Molle intermedie | K2 | K ₂ = 1.50*K _w *i | 1 494 kN/m |
| Molle laterali | K3 | K ₃ = 2.00*K _w *(i/2+S _p /2) | 1 902 kN/m |
| Molle risolto | K4 | K ₄ = 1.50*K _w *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

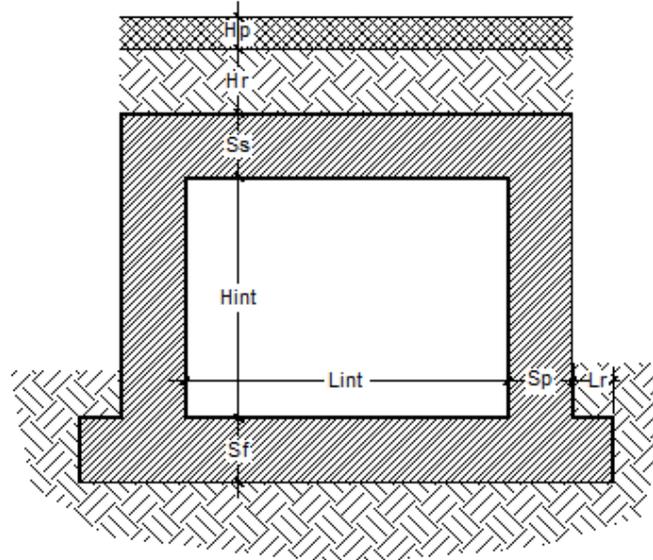
| | | | | |
|---|------------|-------------------|------------|-------------------|
| Calcestruzzo armato - Peso specifico | γ | | 25 | kN/m ³ |
| Calcestruzzo armato - Tipo | | | C32/40 | |
| Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica | R_{ck} | | 40 | N/mm ² |
| Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica | f_{ck} | $0.83 \cdot 40 =$ | 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 | ° |
| Terreno di riempimento laterale - Peso specifico | γ | | 20.0 | kN/m ³ |
| Terreno di riempimento laterale - Angolo di attrito | φ | | 38 | ° |
| Condizioni ambientali per ver. a fessurazione | | | aggressive | |

Ricoprimento

| | | | |
|--------------------------------------|-------|------|---|
| Spessore ballast+armamento | H_b | 0.80 | m |
| Spessore medio traversina+binario | H_t | 0.40 | m |
| Spessore ballast sotto la traversina | | 0.40 | m |
| Spessore del rinterro | H_r | 0.20 | m |

Geometria

| | | | |
|--------------------------------|-----------|-------|---|
| Spessore soletta superiore | S_s | 1.00 | m |
| Spessore soletta di fondazione | S_f | 1.00 | m |
| Spessore piedritti | S_p | 1.00 | m |
| Altezza netta | H_{int} | 6.70 | m |
| Larghezza netta | L_{int} | 10.00 | m |
| Lunghezza risvolti sol. inf. | L_r | 0.00 | m |
| Lunghezza dello scatolare | L | 16.14 | m |



Tab. 4: Geometria del modello

| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

Azioni elementari applicate

Carichi permanenti (Condizione *PERM*)

| | | | | | | |
|----------------------------|----|-------------------|--|--------------|-------------------------|--|
| Soletta superiore | | | | | | |
| Peso ballast | Ps | $0.80 \cdot 18 =$ | | 14.40 | kN/m ² | |
| Peso del rinterro | Pr | $0.20 \cdot 20 =$ | | 4.00 | kN/m ² | |
| Totale | | $(Pr+Ps)*r$ | | 20.07 | kN/m² | |
| Risvolti soletta inferiore | | | | | | |
| Peso ballast | Ps | - | | 0.00 | kN/m ² | |
| Peso del rinterro | Pr | - | | 0.00 | kN/m ² | |
| Totale | | | | 0.00 | kN/m² | |

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

| | | | | | | |
|--|----------|--|--|--------------|-------------------------|--|
| Coefficiente dinamico | | | | | | |
| Lunghezza caratteristica per coeff. din. | L_0 | $= 1.3 \cdot 1/3 \cdot (7.20 + 11.00 + 7.20)$ | | 11.01 | m | |
| Coefficiente dinamico | Φ_3 | $= 0.9 \cdot (2.16 / (\text{rad}q(11.01) - 0.2) + 0.73)$ | | 1.28 | | |
| Qvk | | | | | | |
| Coefficiente di adattamento | α | | | 1.10 | | |
| Larghezza traversa | Lt | | | 2.40 | m | |
| Impronta di carico y | Ld1 | $2.40 + 2 \times (0.40/4 + 0.20 \times \text{TAN}(38^\circ) + 1.00/2) =$ | | 3.91 | m | |
| Impronta di carico x | Ld2 | $0.8 + 1.6 + 1.6 + 1.6 + 0.8 =$ | | 6.40 | m | |
| Carico Qvk (totale) | | | | 1000 | kN | |
| Carico Qvk (ripartito) | | $1.1 \cdot 1.28 \cdot 1000 / (3.91 \cdot 6.40) =$ | | 56.25 | kN/m² | |
| qvk | | | | | | |
| Carico qvk | | | | 80 | kN/m | |
| Carico qvk (ripartito) | | $1.1 \cdot 1.28 \cdot 80 / 3.91 =$ | | 28.80 | kN/m² | |

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

| | | | | | | |
|-----------------------------|----------|-----------------------------------|--|--------------|-------------------------|--|
| Coefficiente di adattamento | α | | | 1.00 | | |
| Carico qvk | | | | 150 | kN/m | |
| Carico qvk (ripartito) | | $1 \cdot 1.28 \cdot 150 / 3.91 =$ | | 49.09 | kN/m² | |

Avviamento e frenatura (Condizione *AVV*)

| | | | | | | |
|-----------------------------|--|----------------------|--|-------------|-------------------------|--|
| Q1ak (= $\alpha*33 / Ld1$) | | $\alpha*33 / 3.91 =$ | | 9.28 | kN/m² | |
|-----------------------------|--|----------------------|--|-------------|-------------------------|--|

Per il calcolo della lunghezza caratteristica si fa riferimento al Manuale di Progettazione Caso 5.4 della tabella 2.5.1.4.2.5.3-1 Parte II - Sezione II – Ponti.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

Azione termica (Condizione *TERM*)

| | | | |
|--|----------------------------|------|---|
| Variazione termica uniforme | ΔT_U | 15 | ° |
| Variazione termica a farfalla | ΔT_F | 5 | ° |
| Variazione termica uniforme di calcolo | $\Delta T_{U*} = 15 / 2 =$ | 7.50 | ° |
| Variazione termica a farfalla di calcolo | $\Delta T_{F*} = 5 / 2 =$ | 2.50 | ° |

Ritiro (Condizione *RITIRO*)

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

Coefficienti di spinta statici del terreno

| | | | |
|--|--|-------|---|
| Grado di sovraconsolidazione | OCR | 1 | - |
| Coefficiente dipendente dall'OCR | m | 0.5 | - |
| Angolo di attrito - terreno ai lati dei piedritti | φ | 38.00 | ° |
| Coefficiente di spinta a riposo | $K_0 = [1 - \text{sen}(\varphi_0)] \cdot \text{OCR}^m$ | 0.38 | - |
| Angolo di attrito terreno-muro | δ | 25.33 | ° |
| Inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale | β | 0 | ° |
| Inclinazione piedritto rispetto alla verticale | α | 90 | ° |
| Coefficiente di spinta attiva | K_a | 0.22 | - |

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

| | | | |
|---|--|-------|-------------------|
| K01 | $1 - \text{sen}(38^\circ) =$ | 0.384 | |
| K02 | $1 - \text{sen}(38^\circ) =$ | 0.384 | |
| Spinta alla quota di estradosso sol. sup. | p1 $0.384 \cdot 20.00 =$ | 7.69 | kN/m ² |
| Spinta in asse sol. sup. | p2 $0.384 \cdot (20.00 + 20 \cdot 1.00/2) =$ | 11.53 | kN/m ² |
| Spinta in asse sol. inf. | p3 $0.384 \cdot [20.00 + 20 \cdot (1.00 + 6.70 + 1.00/2)] =$ | 70.72 | kN/m ² |
| Spinta alla quota di intradosso sol. inf. | p4 $0.384 \cdot [20.00 + 20 \cdot (1.00 + 6.70 + 1.00)] =$ | 74.56 | kN/m ² |
| Spinta semispessore sol. sup. | F1 $(7.69 + 11.53)/2 \cdot 1.00/2 =$ | 4.80 | kN/m |
| Spinta semispessore sol. inf. | F2 $(70.72 + 74.56)/2 \cdot 1.00/2 =$ | 36.32 | kN/m |

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

| | | | |
|---------------------|--|-------|-------------------|
| Spinta dovuta al q1 | p $0.384 \cdot 1.1 \cdot 1000 / (3.91 \cdot 6.40) =$ | 16.88 | kN/m ² |
|---------------------|--|-------|-------------------|

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

| | | | |
|---------------------|---|------|-------------------|
| Spinta dovuta al q1 | p $0.384 \cdot 1 \cdot 150 / (3.91 \cdot 6.40) =$ | 2.30 | kN/m ² |
|---------------------|---|------|-------------------|

Sisma orizzontale (Condizione *SISMAH*)

| | | | |
|---|---|-------|-------------------|
| Stato limite | Salvaguardia della vita - SLU - | SLV | |
| Vita nominale | V_N | 75 | anni |
| Classe d'uso | | IV | |
| Coefficiente C_U | C_U | 2 | |
| Periodo di riferimento | V_R | 150 | anni |
| Accelerazione orizzontale | a_g/g | 0.206 | |
| Amplificazione spettrale | F_0 | 2.471 | |
| 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 | |
| Coeff. sismico orizzontale | $k_h = a_{max}/g$ | 0.246 | |
| Coeff. sismico verticale | $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$ | 0.123 | |
| Carico accidentale totale gravante sulla cop. | $1.1 \cdot 1000 / (3.91 \cdot 6.40) \cdot 6.40 + 1.1 \cdot 80 / 3.91 \cdot 12.00 =$ | 551.1 | kN/m |
| Forza orizz. sulla sol. di cop. | FHs $0.246 \cdot (1.00 \cdot 25 + 20.07 + 0.2 \cdot 551.1 / 11.00) / 1.00 =$ | 13.58 | kN/m ² |
| Forza orizz. sui piedritti | FHp $0.246 \cdot (1.00 \cdot 25) / 1.00 =$ | 6.16 | kN/m ² |

Sisma verticale (Condizione *SISMAV*)

| | | | |
|--------------------------------|--|------|-------------------|
| Forza vert. sulla sol. di cop. | FVs $0.123 \cdot (1.00 \cdot 25 + 20.07 + 0.2 \cdot 551.1 / 11.00) / 1.00 =$ | 6.79 | kN/m ² |
|--------------------------------|--|------|-------------------|

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

| | | | |
|---------------------------------|--|-------|-------------------|
| Risultante della spinta sismica | $\Delta S_E = (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (H_{int} + S_s + S_f + H_b + H_r)^2 = 0.246 \cdot 20 \cdot 9$ | 463.8 | kN/m |
| Pressione risultante | $\Delta P_E = \Delta S_E / H = 463.8 / 7.70$ | 60.23 | kN/m ² |

| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

Seguono le schermate di applicazione dei principali carichi al modello:

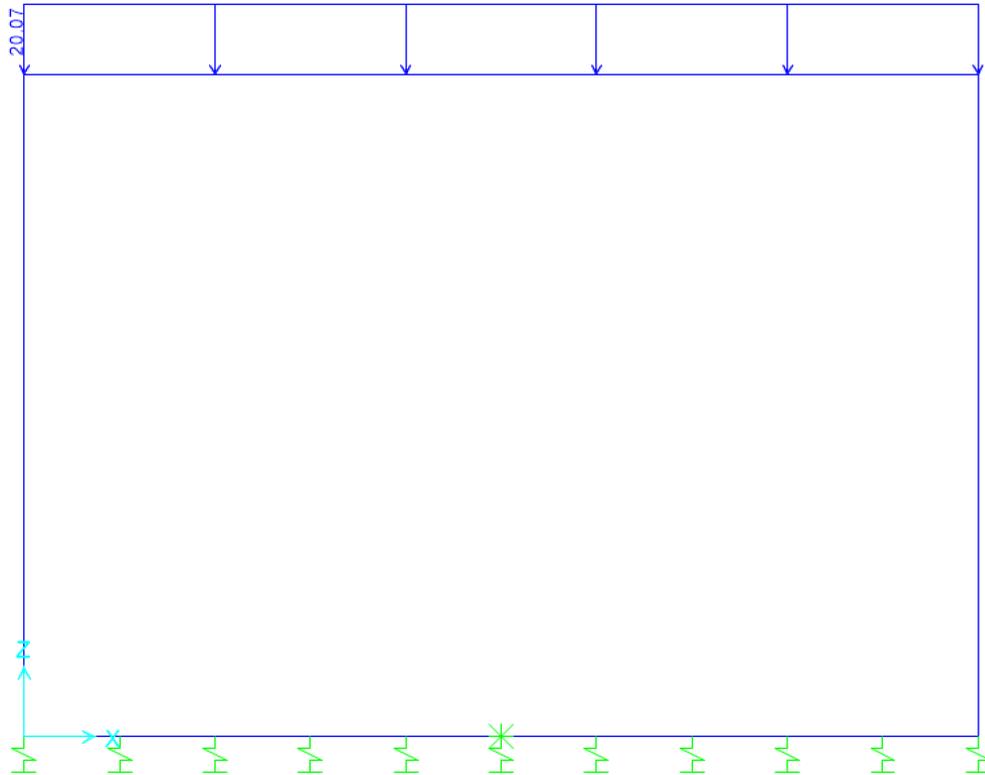


Figura 6: Condizione di carico PERM (kN/m/m)

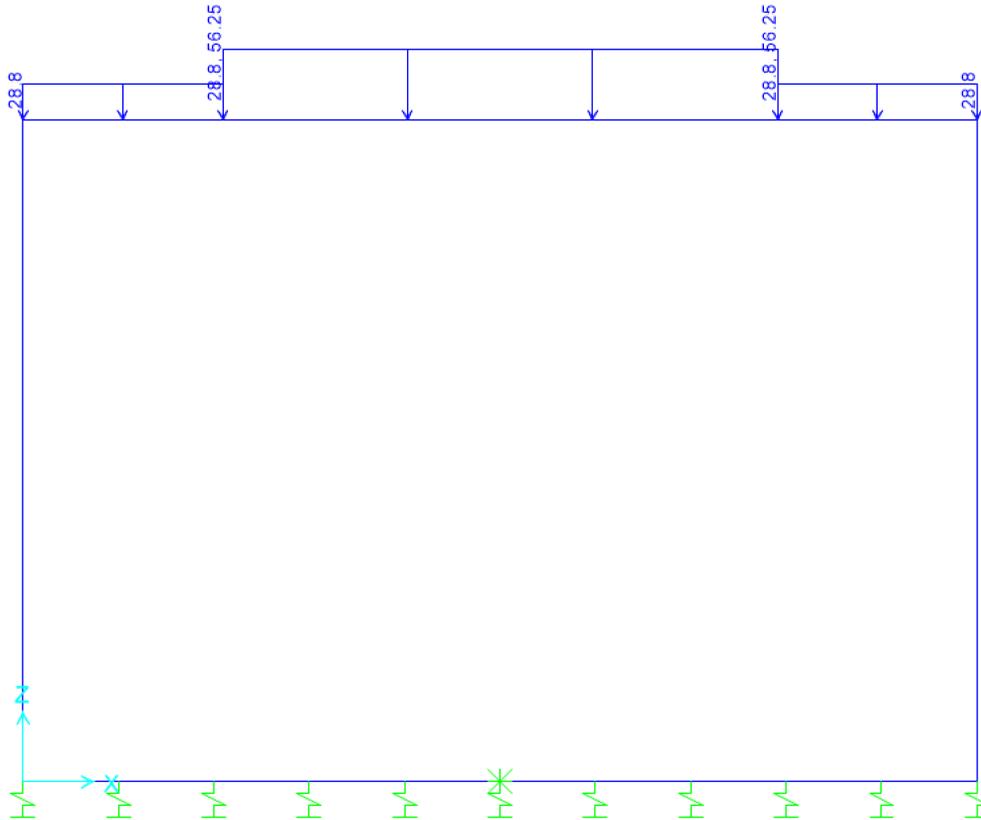


Figura 7: Condizione ACC-LM71- $M(kN/m/m)$

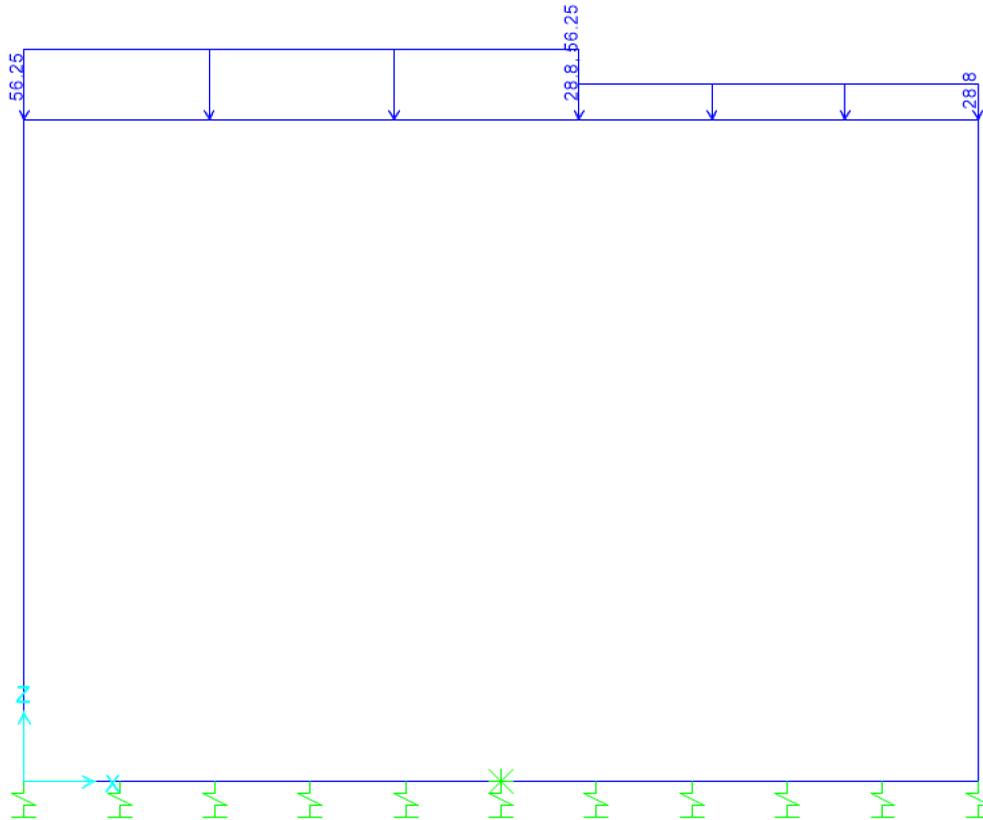


Figura 8: Condizione ACC-LM71- T(kN/m/m)

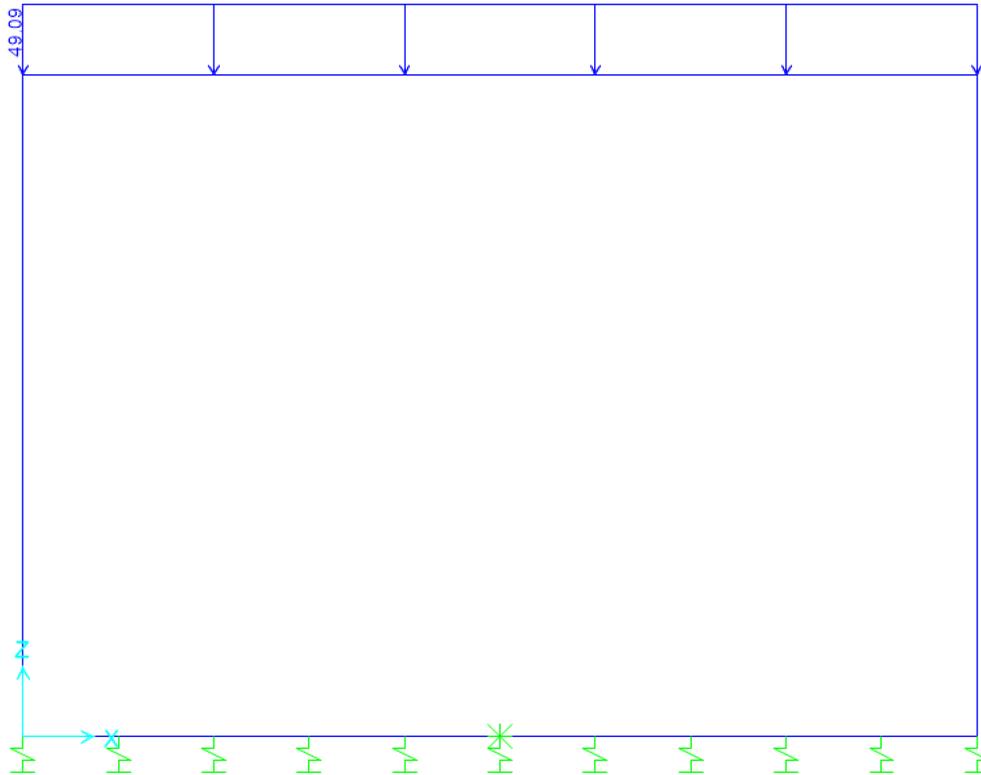


Figura 9: Condizione ACC-SW (kN/m/m)

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al
km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 34 di 74 |

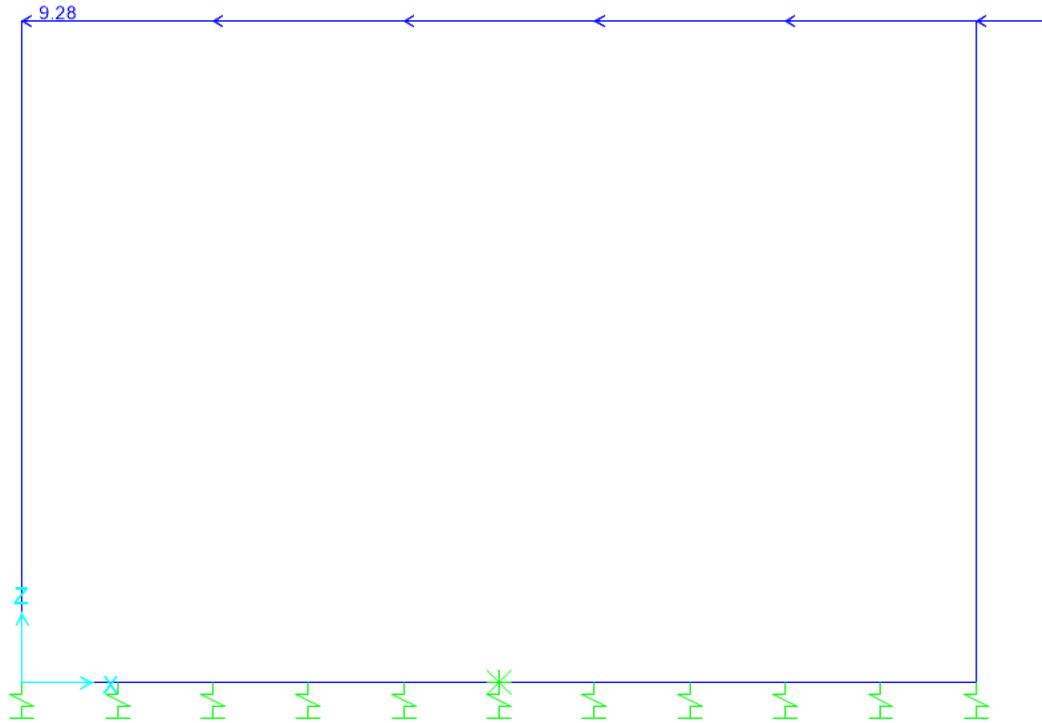


Figura 10: Condizione AVV (kN/m/m)

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al
km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 35 di 74 |

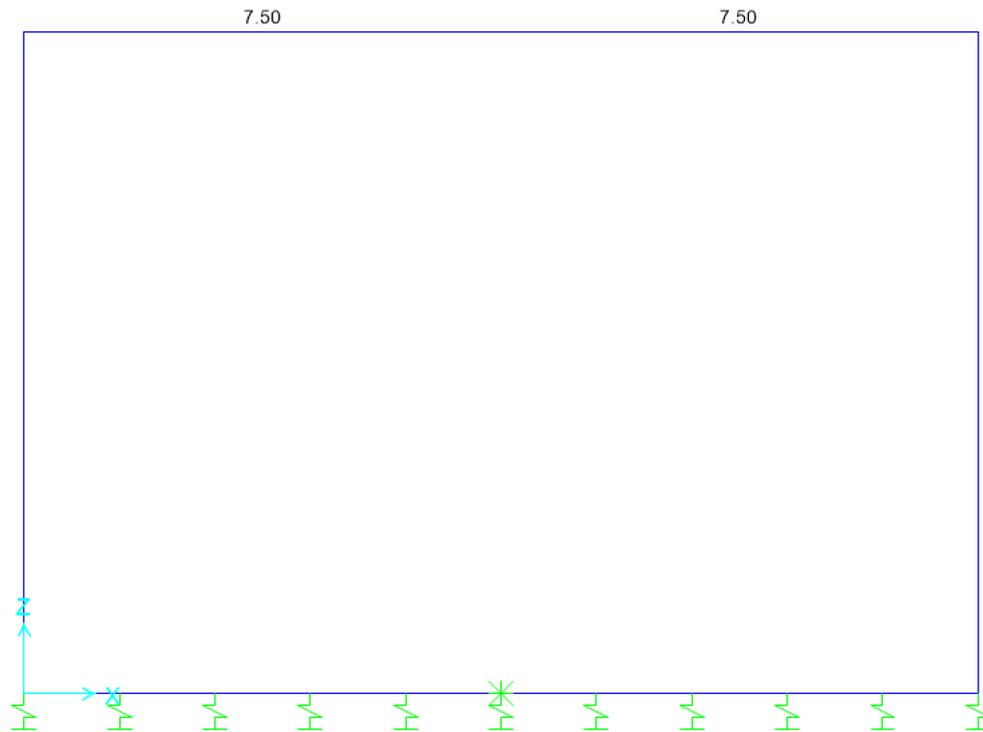


Figura 11: Condizione TERM (°C)

**SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al
km 84+849.76**
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 36 di 74 |

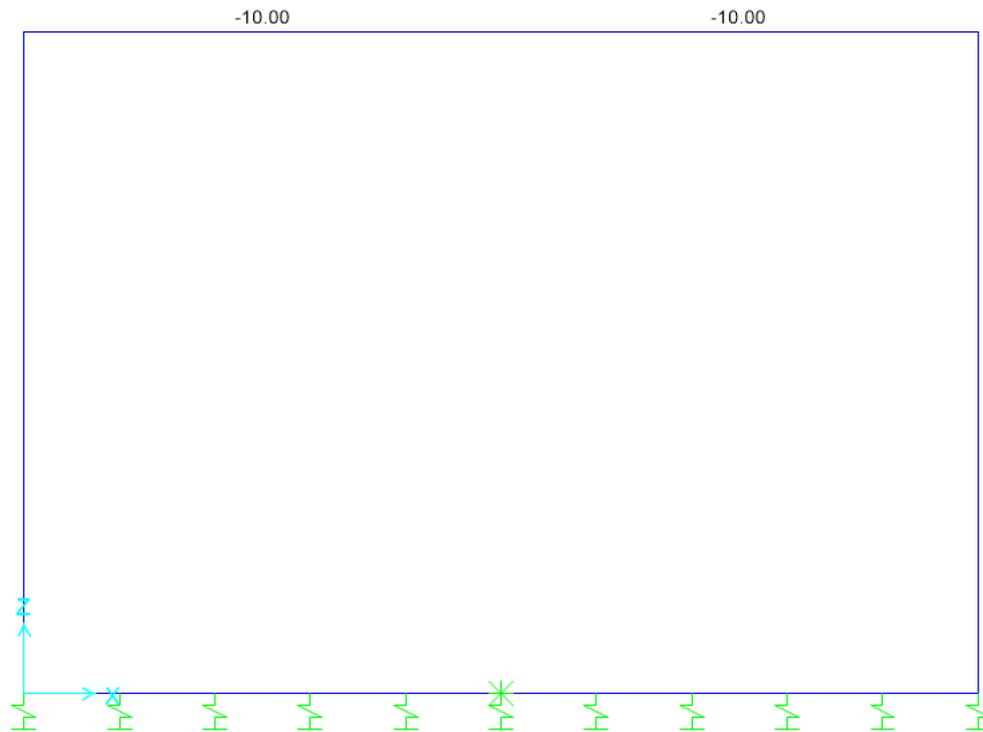


Figura 12: Condizione RITIRO (°C)

**SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al
km 84+849.76**
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 37 di 74 |

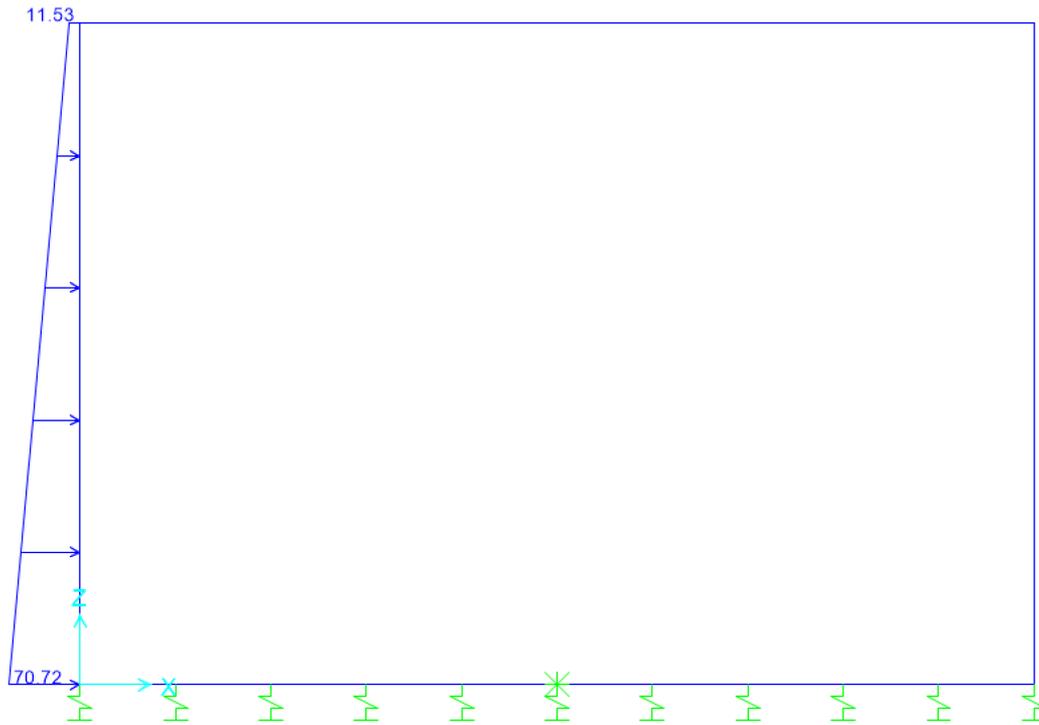


Figura 13: Condizione SPTSX (kN/m/m)

**SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al
km 84+849.76**
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 38 di 74 |

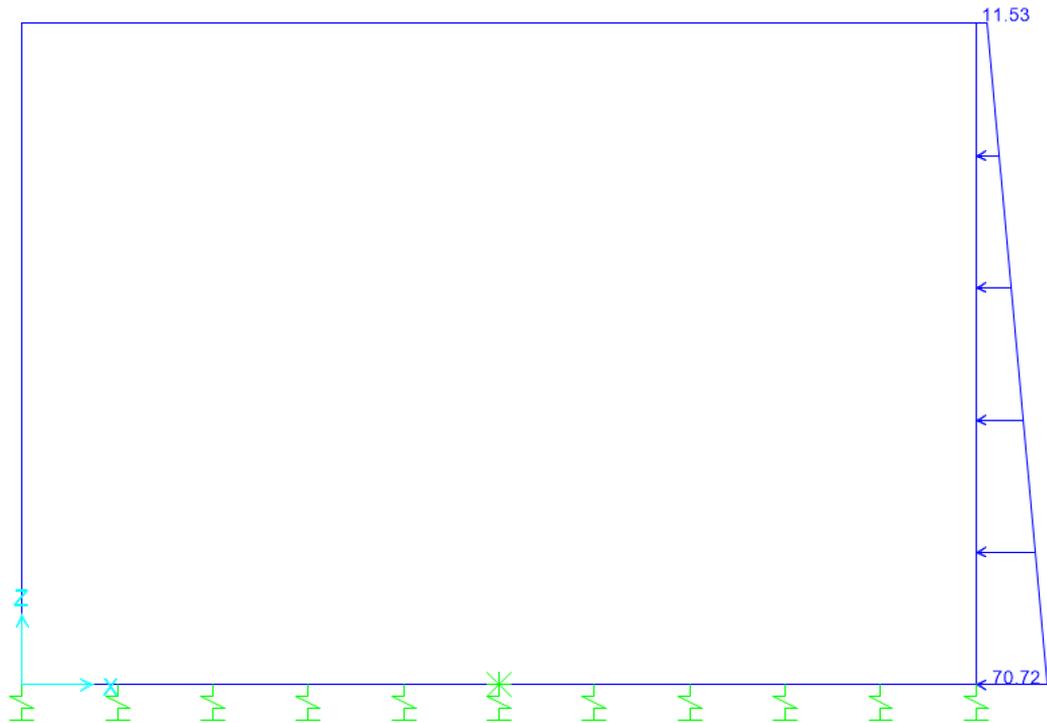


Figura 14: Condizione SPTDX (kN/m/m)

**SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al
km 84+849.76**
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 39 di 74 |

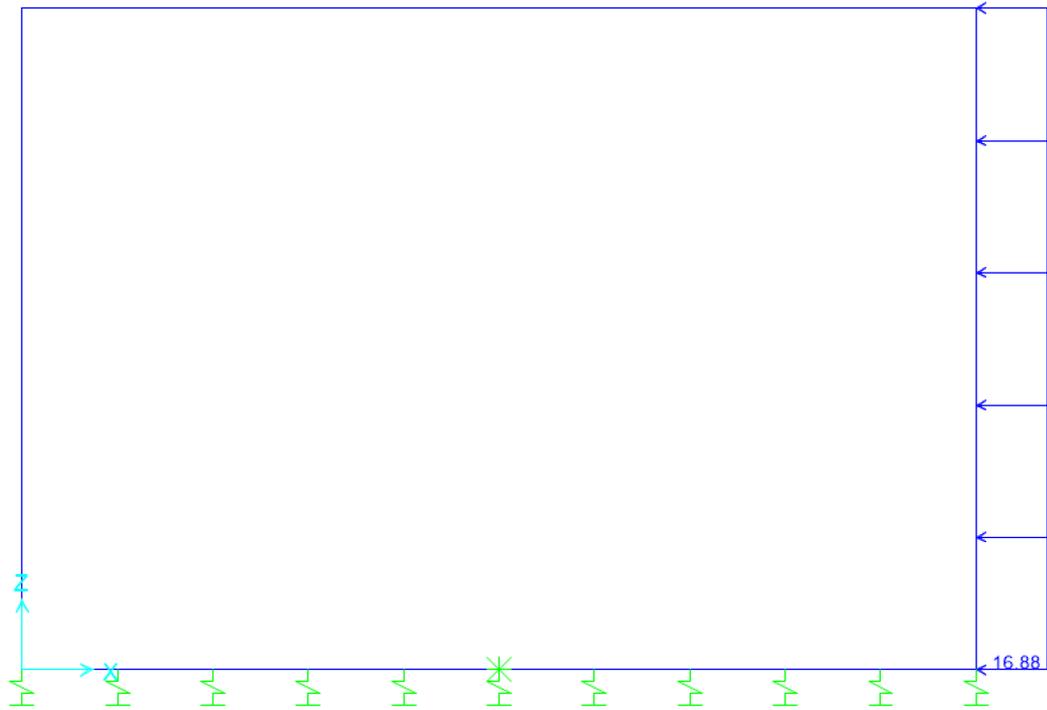


Figura 15: Condizione SPQDX71 (kN/m/m)

**SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al
km 84+849.76**
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 40 di 74 |

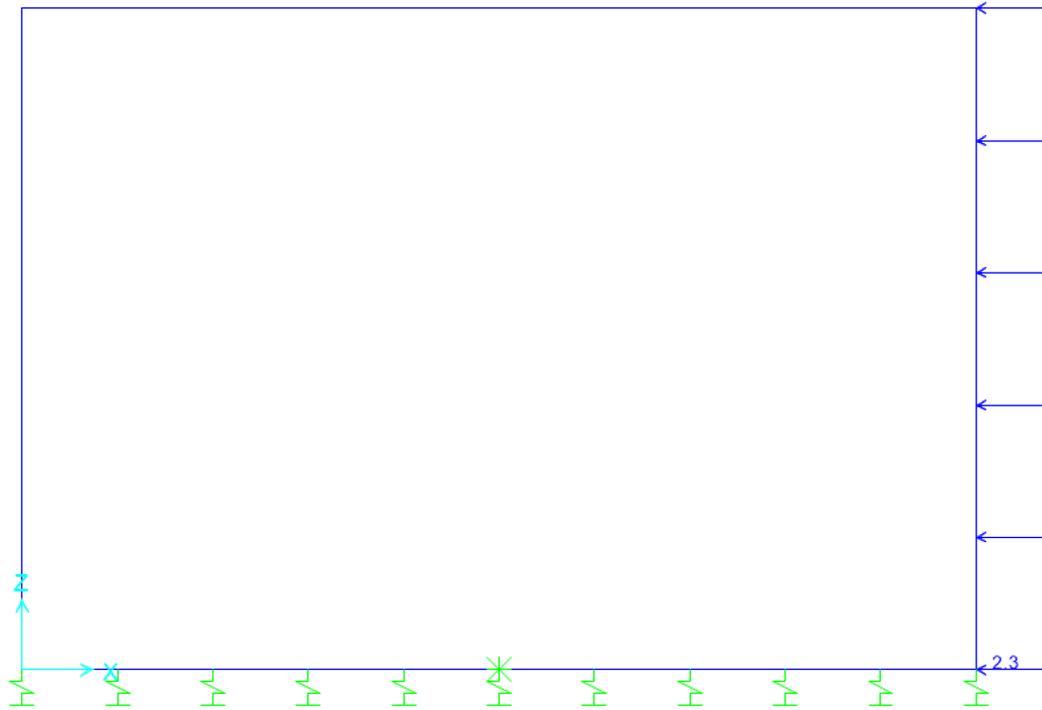


Figura 16: Condizione SPQDXSW (kN/m/m)

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al
km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 41 di 74 |

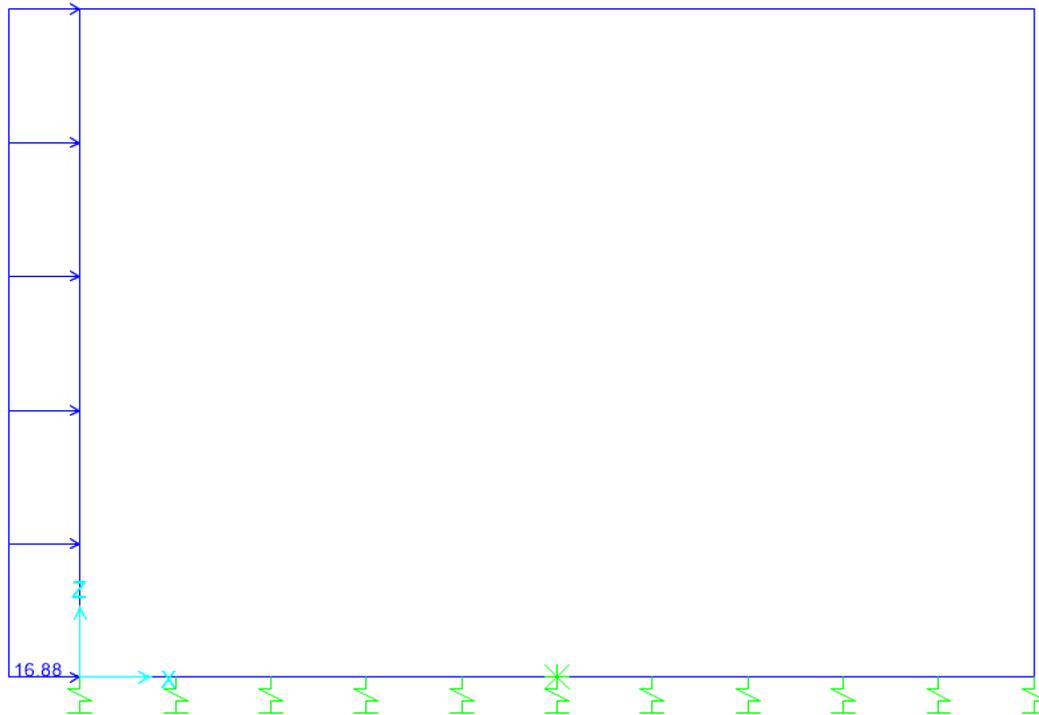


Figura 17: Condizione SPQSX71 (kN/m/m)

**SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al
km 84+849.76**
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 42 di 74 |

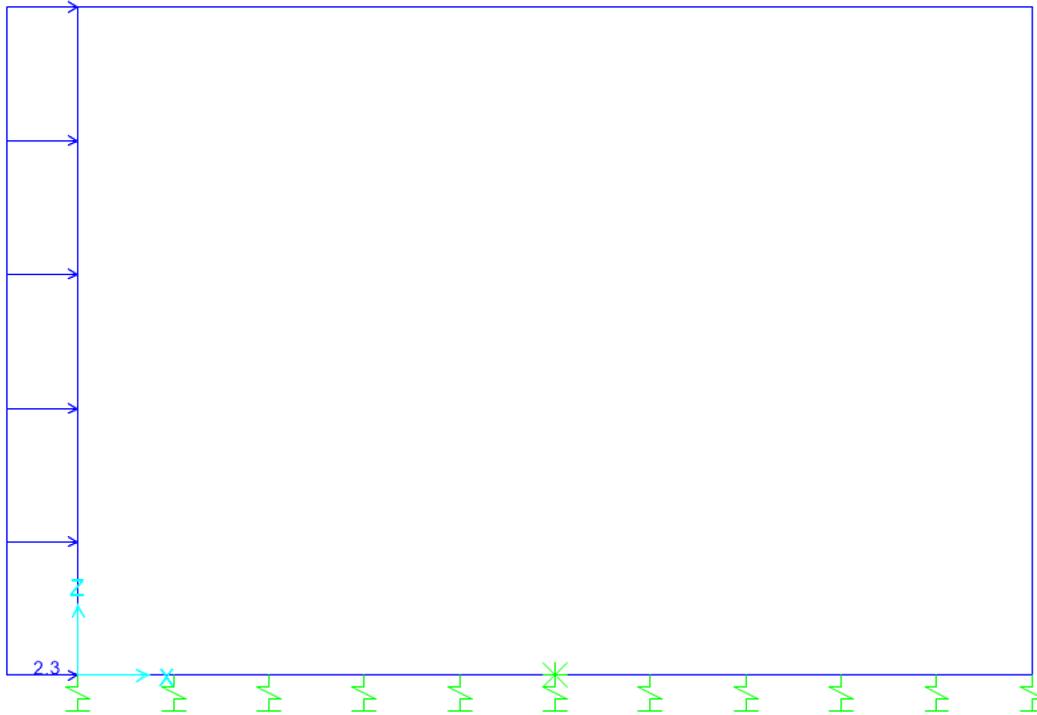


Figura 18: Condizione SPQSXS (kN/m/m)

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 43 di 74 |

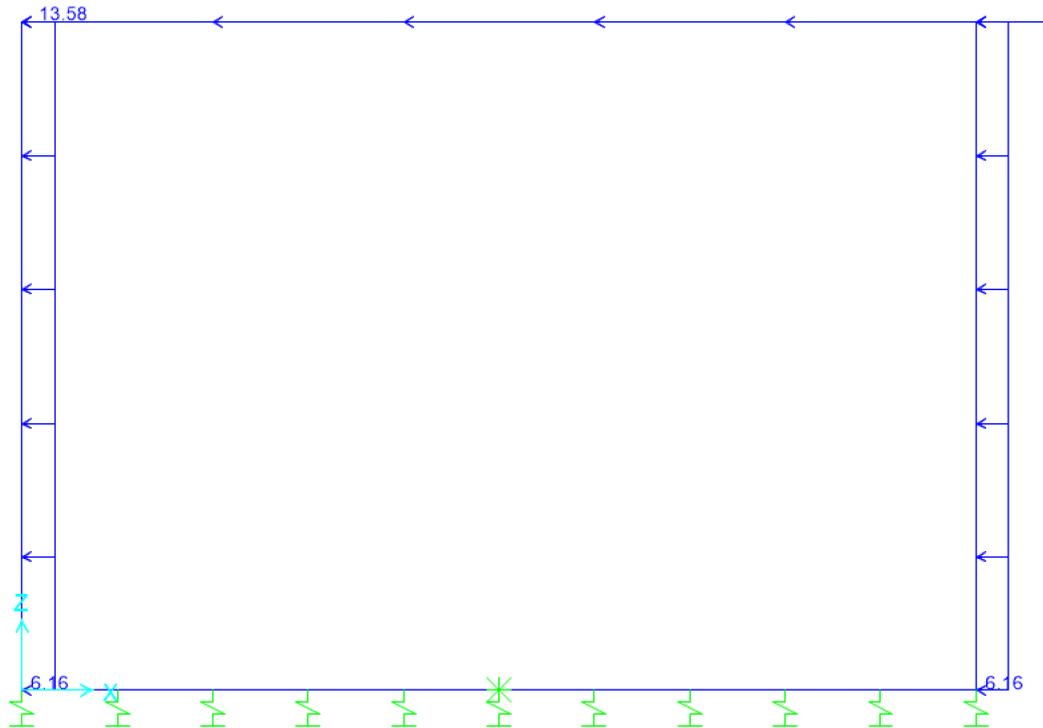


Figura 19: Condizione SISMAH (kN/m/m)

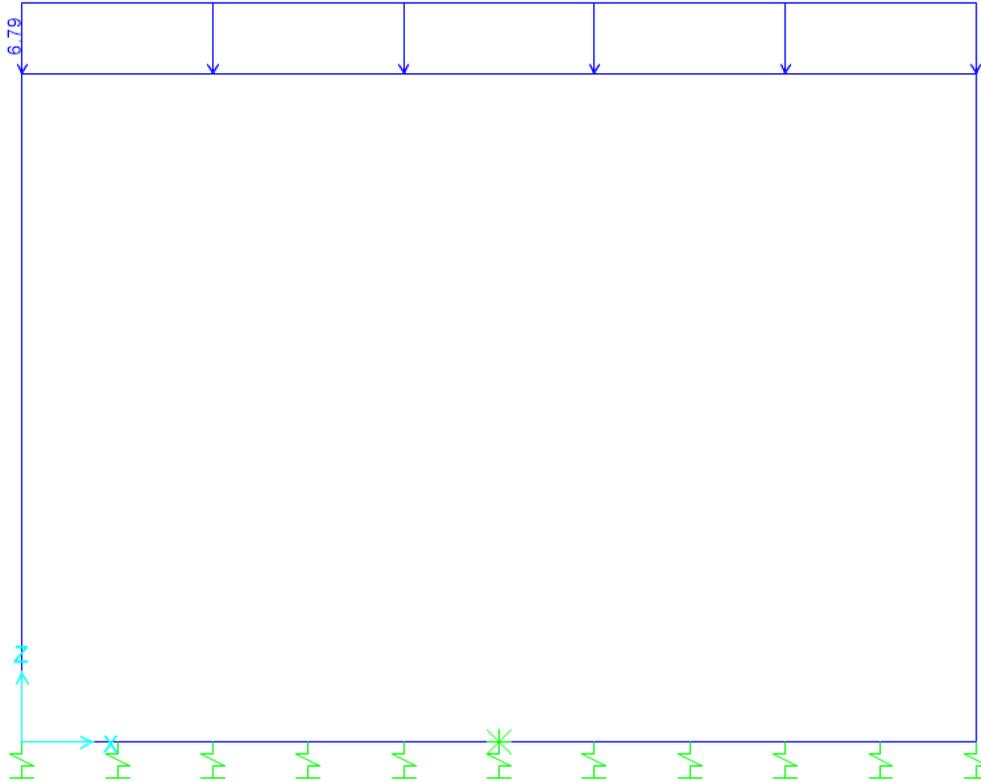


Figura 20: Condizione SISMAV (kN/m/m)

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al
km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 45 di 74 |

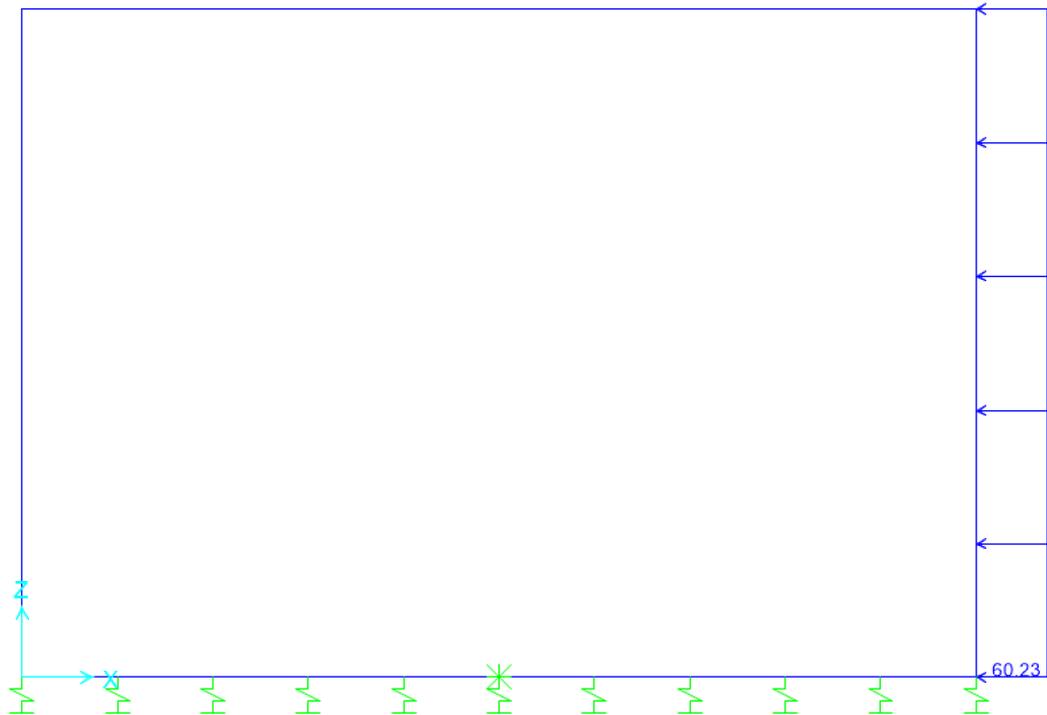


Figura 21: Condizione SPSDX (kN/m^2)

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IV01 00D26 CL SL1000001 A 46 di 74

10.3 Combinazioni

| N | PERM | PERM-G2 | ACC-M71 | ACC-T71 | AVV | SPTSX | SPTDX | SPOSX71 | SPQDX71 | TERM | RITIRO | SISMAH | SISMAV | SPSDX | ACC-SW | SPOSXSW | SPQDXSW | |
|----|----------|---------|---------|---------|------|-------|-------|---------|---------|------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|---------|------|
| 01 | 01S1-11M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 0.725 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 0.9 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 02 | 02S1-11T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 0.725 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 0.9 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 03 | 03S1-12M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 0.725 | 1.35 | 1.35 | 1.45 | 1.45 | 0.9 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 04 | 04S1-12T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 0.725 | 1.35 | 1.35 | 1.45 | 1.45 | 0.9 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 05 | 05S1-13M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 0.725 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.45 | 0.9 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 06 | 06S1-13T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 0.725 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.45 | 0.9 | 1.2 | 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 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 08 | 08S1-15- | 1.35 | 1.50 | 0 | 0 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.45 | 0.9 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 09 | 09S1-16S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.725 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.90 | 1.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.45 | 0 | 0 |
| 10 | 10S1-17S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.725 | 1.35 | 1.35 | 0.00 | 0.00 | 0.90 | 1.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.45 | 1.45 | 1.45 |
| 11 | 11S1-18S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.725 | 1.00 | 1.35 | 0.00 | 0.00 | 0.90 | 1.20 | 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 | 1.20 | 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 | 1.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 1.45 |
| 14 | 14S1-21M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 0.725 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 15S1-21T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 0.725 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 16S1-22M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 0.725 | 1.35 | 1.35 | 1.45 | 1.45 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 17S1-22T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 0.725 | 1.35 | 1.35 | 1.45 | 1.45 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 18S1-23M | 1.35 | 1.50 | 1.45 | 0 | 0.725 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.45 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 19S1-23T | 1.35 | 1.50 | 0 | 1.45 | 0.725 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.45 | -0.9 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 22S1-26S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.725 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 0 | 0 |
| 23 | 23S1-27S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.725 | 1.35 | 1.35 | 0 | 0 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 1.45 | 1.45 |
| 24 | 24S1-28S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0.725 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0 | -0.9 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 47 di 74 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|------|------|------|
| 68 | 68S3-24S | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 1.45 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -0.9 | 1.2 | 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 | 1.2 | 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 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 1.45 | 0 | 1.16 |
| 71 | 71SSS1-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0.2 | 0.5 | 1 | 1 | 0.3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 72 | 72SSS2-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0.2 | 0.5 | 1 | 1 | -0.3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 73 | 73SSS3-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0.2 | 0.5 | 1 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| 74 | 74SSS4-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0.2 | 0.5 | 1 | 0.3 | -1 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| 75 | 75SSS5-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0.2 | -0.5 | 1 | 1 | 0.3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 76 | 76SSS6-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0.2 | -0.5 | 1 | 1 | -0.3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 77 | 77SSS7-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0.2 | -0.5 | 1 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| 78 | 78SSS8-- | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0.2 | -0.5 | 1 | 0.3 | -1 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| 79 | 79SSS9S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 0.3 | 1 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 80 | 80SSS10S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | -0.3 | 1 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 81 | 81SSS11S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 82 | 82SSS12S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0.3 | -1 | 0.3 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 83 | 83SSS13S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 1 | 0.3 | 1 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 84 | 84SSS14S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 1 | -0.3 | 1 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 85 | 85SSS15S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0.3 | 1 | 0.3 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 86 | 86SSS16S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0.3 | -1 | 0.3 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| 87 | 87R4-11M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 88 | 88R4-11T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 89 | 89R4-12M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 90 | 90R4-12T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 91 | 91R4-13M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 92 | 92R4-13T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 93 | 93R4-14S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 |
| 94 | 94R4-15S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 95 | 95R4-16S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 |
| 96 | 96R4-21M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 97 | 97R4-21T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 98 | 98R4-22M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 99R4-22T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100 | 100R4-23M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 101 | 101R4-23T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 102 | 102R4-24S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 |
| 103 | 103R4-25S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 104 | 104R4-26S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 |
| 105 | 105R1T11M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 106 | 106R1T11T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 107 | 107R1T12M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 108 | 108R1T12T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 109 | 109R1T13M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 110 | 110R1T13T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 111 | 111R1T14S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 |
| 112 | 112R1T15S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 113 | 113R1T16S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 |
| 114 | 114R1T21M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 115 | 115R1T21T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 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 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 119 | 119R1T23T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 120 | 120R1T24S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 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 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 |

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 48 di 74 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|---|---|-----|-----|-----|---|---|-----|-----|------|----|---|---|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 123 | 123R1-11M | 1 | 1 | 1 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 124 | 124R1-11T | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 125 | 125R1-12M | 1 | 1 | 1 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 126 | 126R1-12T | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 127 | 127R1-13M | 1 | 1 | 1 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 128 | 128R1-13T | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 129 | 129R1-14S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 130 | 130R1-15S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 131 | 131R1-16S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 132 | 132R1-21M | 1 | 1 | 1 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 133 | 133R1-21T | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 134 | 134R1-22M | 1 | 1 | 1 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 135 | 135R1-22T | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 136 | 136R1-23M | 1 | 1 | 1 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 0 | 1 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 137 | 137R1-23T | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 0 | 1 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 138 | 138R1-24S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 139 | 139R1-25S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 140 | 140R1-26S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 141 | 141R1T11M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 142 | 142R1T11T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 143 | 143R1T12M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.4 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 144 | 144R1T12T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.4 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 145 | 145R1T13M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.4 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 146 | 146R1T13T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.4 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 147 | 147R1T14S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 148 | 148R1T15S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 149 | 149R1T16S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 |
| 150 | 150R1T21M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.4 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 151 | 151R1T21T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.4 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 152 | 152R1T22M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.4 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 153 | 153R1T22T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.4 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 154 | 154R1T23M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.4 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 155 | 155R1T23T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.4 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 156 | 156R1T24S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 157 | 157R1T25S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 158 | 158R1T26S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 |
| 159 | 159R3-11M | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 160 | 160R3-11T | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 161 | 161R3-12M | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 162 | 162R3-12T | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 163 | 163R3-13M | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 164 | 164R3-13T | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 165 | 165R3-14S | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 166 | 166R3-15S | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 167 | 167R3-16S | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 168 | 168R3-21M | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 169 | 169R3-21T | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 170 | 170R3-22M | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 171 | 171R3-22T | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 172 | 172R3-23M | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 173 | 173R3-23T | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | -0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 174 | 174R3-24S | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 175 | 175R3-25S | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 176 | 176R3-26S | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 177 | 177R1T11M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 178 | 178R1T11T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 179 | 179R1T12M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 180 | 180R1T12T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 181 | 181R1T13M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 182 | 182R1T13T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 183 | 183R1T14S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 184 | 184R1T15S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 185 | 185R1T16S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 |
| 186 | 186R1T21M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 187 | 187R1T21T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 188 | 188R1T22M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 189 | 189R1T22T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 190 | 190R1T23M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 191 | 191R1T23T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 192 | 192R1T24S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 193 | 193R1T25S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 194 | 194R1T26S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 |

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 49 di 74 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|---|---|-----|-----|-----|---|---|-----|-----|------|---|---|---|---|-----|-----|-----|-----|
| 195 | 195F1-11M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 196 | 196F1-11T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 197 | 197F1-12M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 198 | 198F1-12T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 199 | 199F1-13M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 200 | 200F1-13T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 201 | 201F1-14S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 | 0 |
| 202 | 202F1-15S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 203 | 203F1-16S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.8 |
| 204 | 204F1-21M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 205 | 205F1-21T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 206 | 206F1-22M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 207 | 207F1-22T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 208 | 208F1-23M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | -0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 209 | 209F1-23T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | -0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 210 | 210F1-24S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 | 0 |
| 211 | 211F1-25S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 212 | 212F1-26S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.8 |
| 213 | 213F3-11M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 214 | 214F3-11T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 215 | 215F3-12M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 216 | 216F3-12T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 217 | 217F3-13M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 218 | 218F3-13T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 219 | 219F3-14S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 | 0 |
| 220 | 220F3-15S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 221 | 221F3-16S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.8 |
| 222 | 222F3-21M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 223 | 223F3-21T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 224 | 224F3-22M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 225 | 225F3-22T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | -0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 226 | 226F3-23M | 1 | 1 | 0.8 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | -0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 227 | 227F3-23T | 1 | 1 | 0 | 0.8 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0.8 | -0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 228 | 228F3-24S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0 | 0 |
| 229 | 229F3-25S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 230 | 230F3-26S | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 0.8 | 0.8 |
| 231 | 231QPT1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 232 | 232QPT2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

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
- 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

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

10.4 Sollecitazioni

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

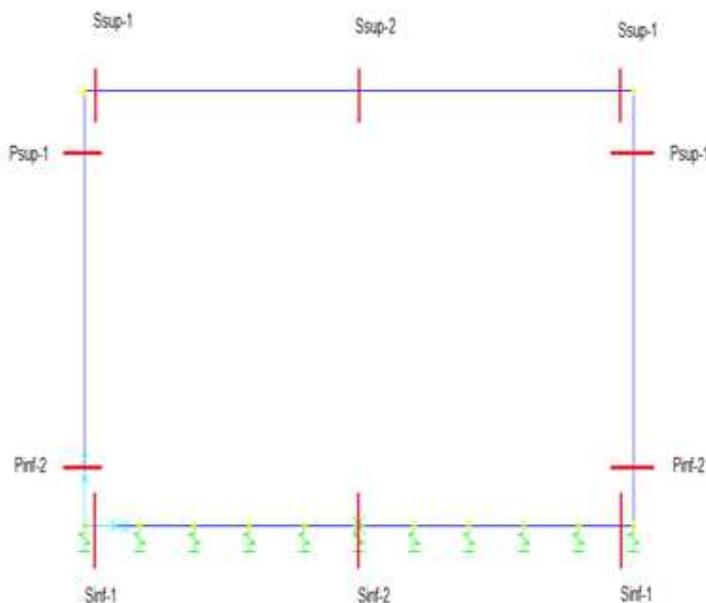


Figura 10.22 - Sezioni di verifica

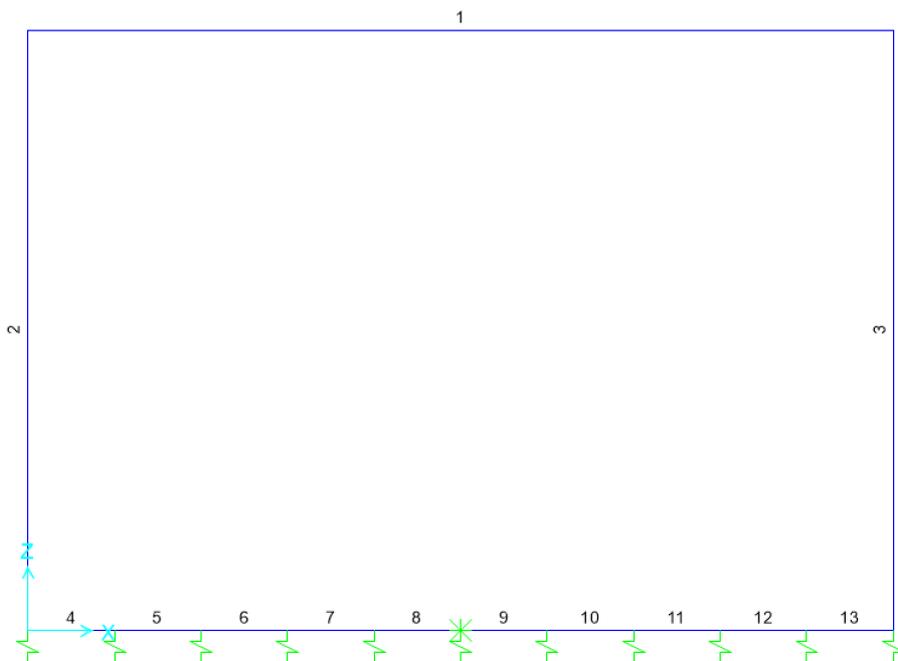


Figura 10.23 - Nomenclatura frame

| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A |

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

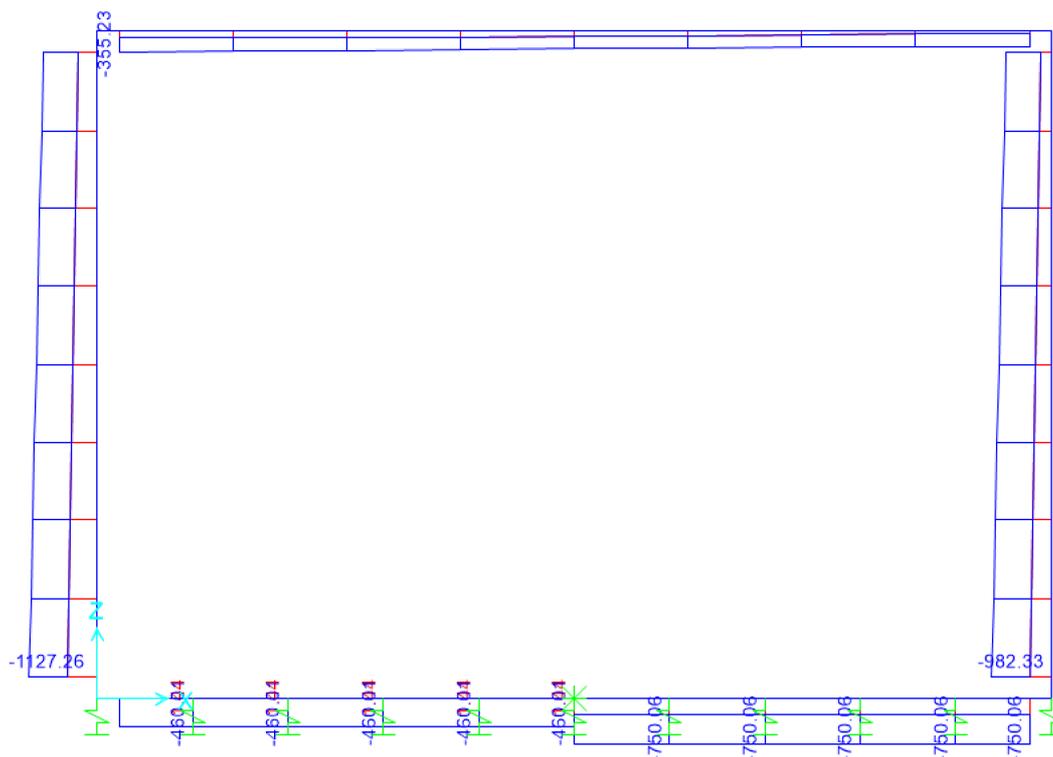


Figura 10.24 - Sforzo Normale – Involuppo SLU (KN)

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 52 di 74 |

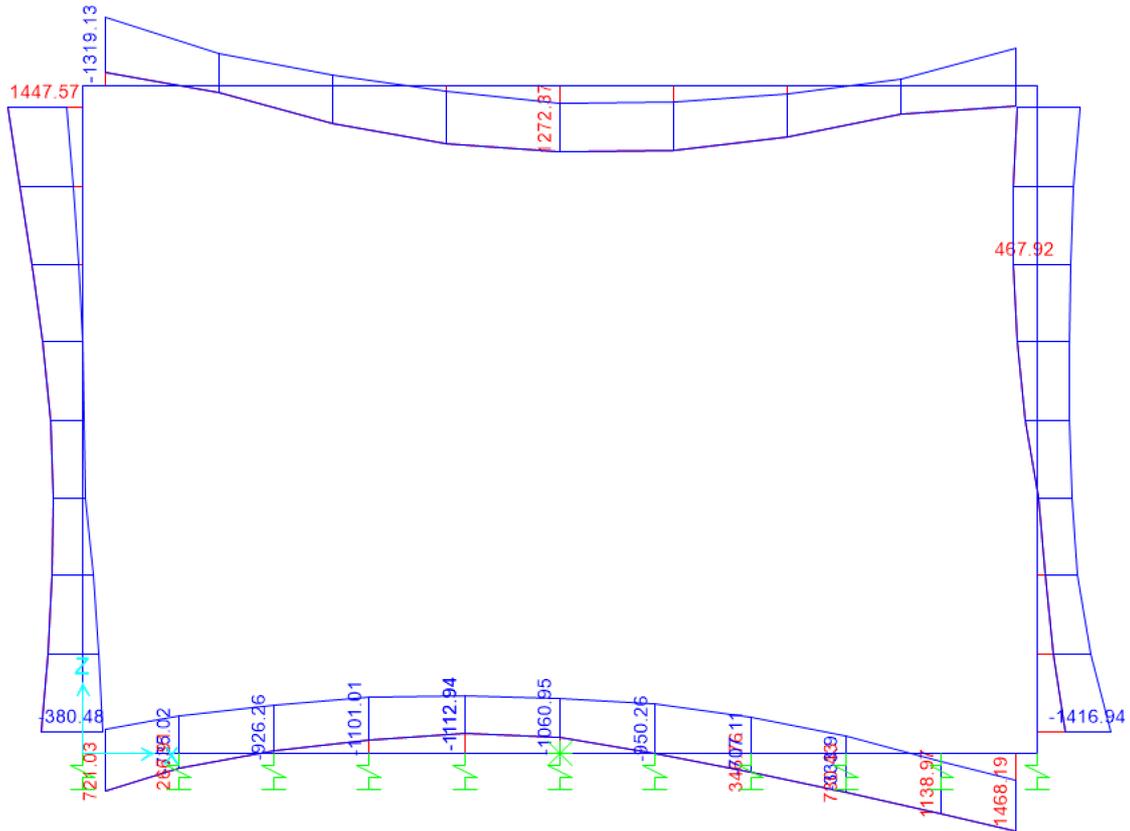


Figura 10.25 - Momento flettente – Inviluppo SLU (KNm)

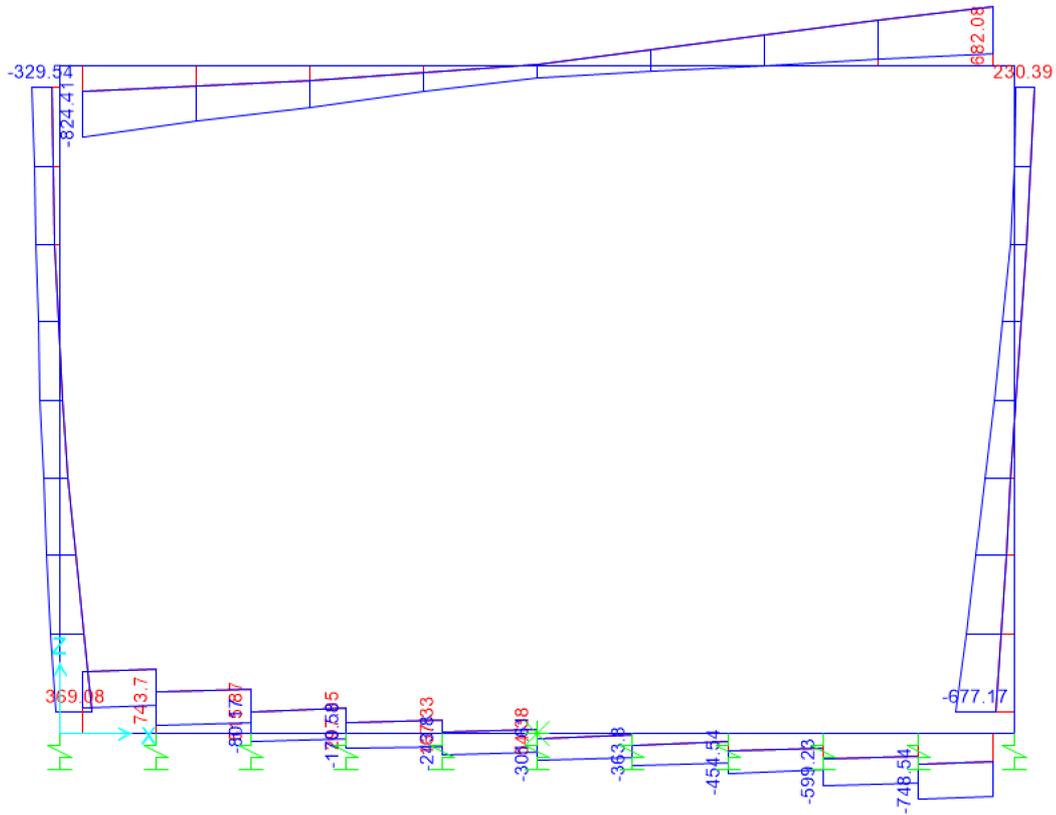


Figura 10.26 - Taglio – Involuppo SLU (kN)

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 54 di 74 |

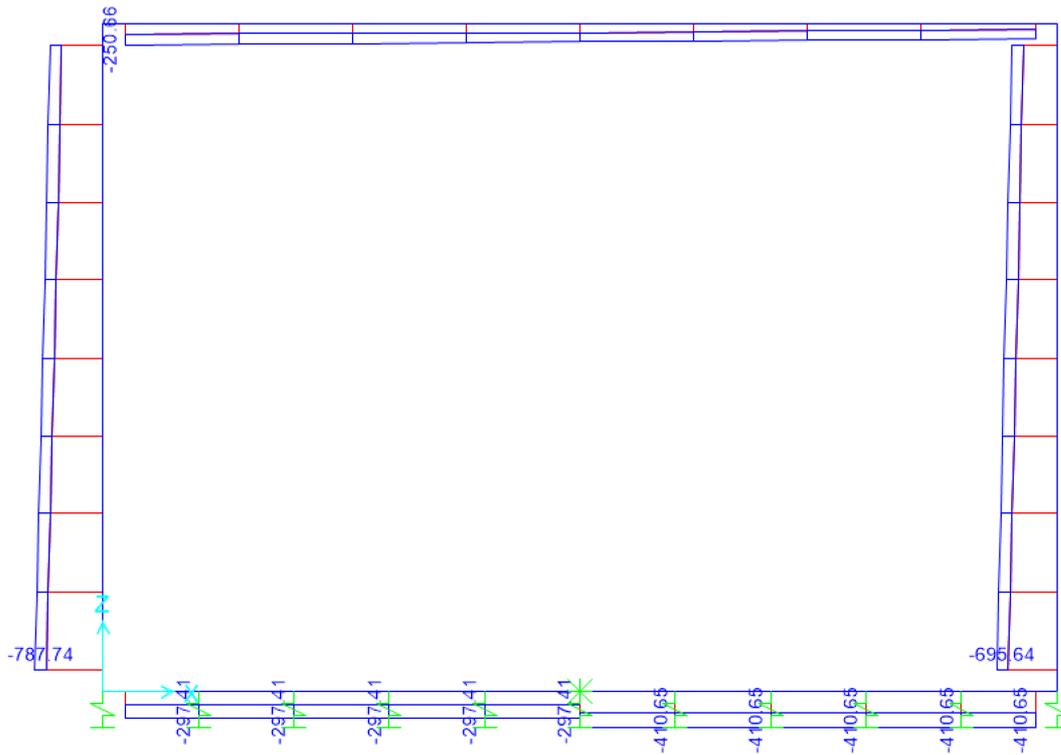


Figura 10.27 - Sforzo Normale – Involuppo SLE – Rara (kN)

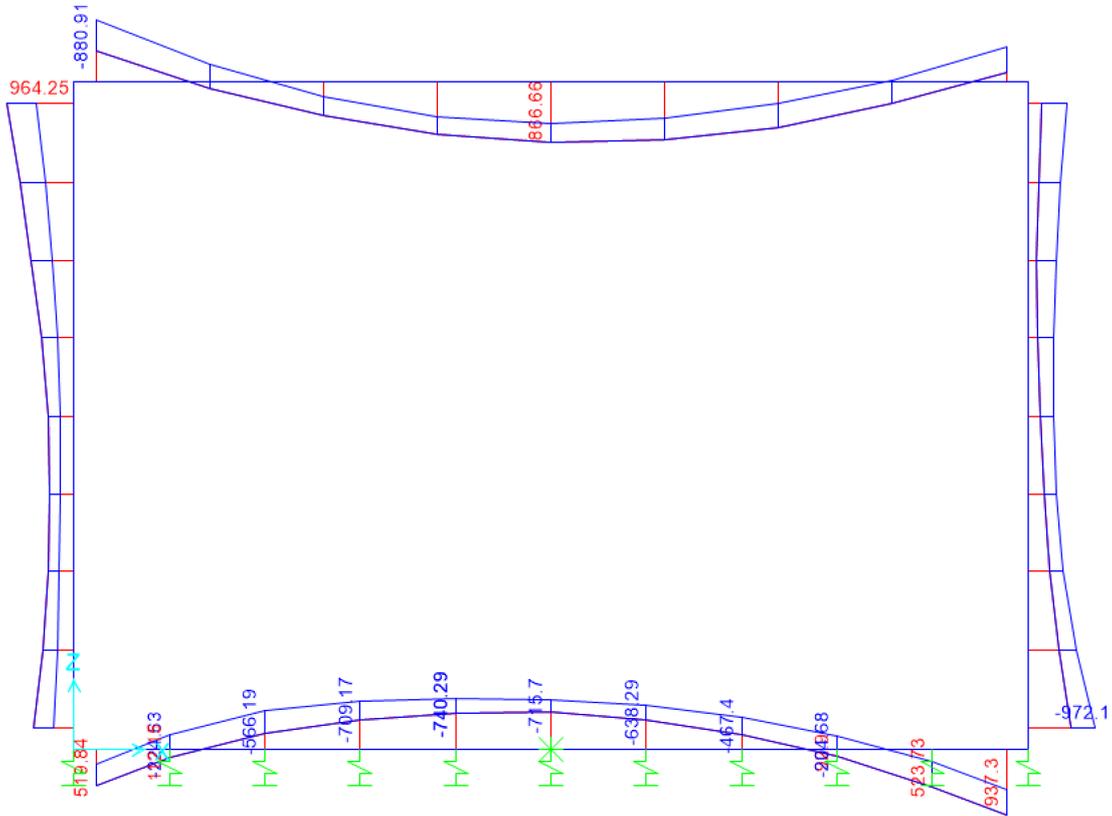


Figura 10.28 - Momento flettente – Involuppo SLE – Rara (kNm)

| | | | | | | |
|--|---|------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | 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 | - |
| Piedritto - Spiccato | 10 Ø26 | - | 10 Ø26 | - |
| Piedritto - Sommità | 10 Ø26 | - | 10 Ø26 | - |
| Soletta inferiore - Campata | 10 Ø26 | - | 5 Ø26 | - |
| Soletta inferiore - Appoggio | 10 Ø26 | 5 Ø16 | 5 Ø26 | - |

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

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 57 di 74 |

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 | = 100 cm |
| Base della sezione b | = 100 cm |
| Copriferro d' | = 8.7 cm |
| Altezza utile della sezione d | = 91.3 cm |

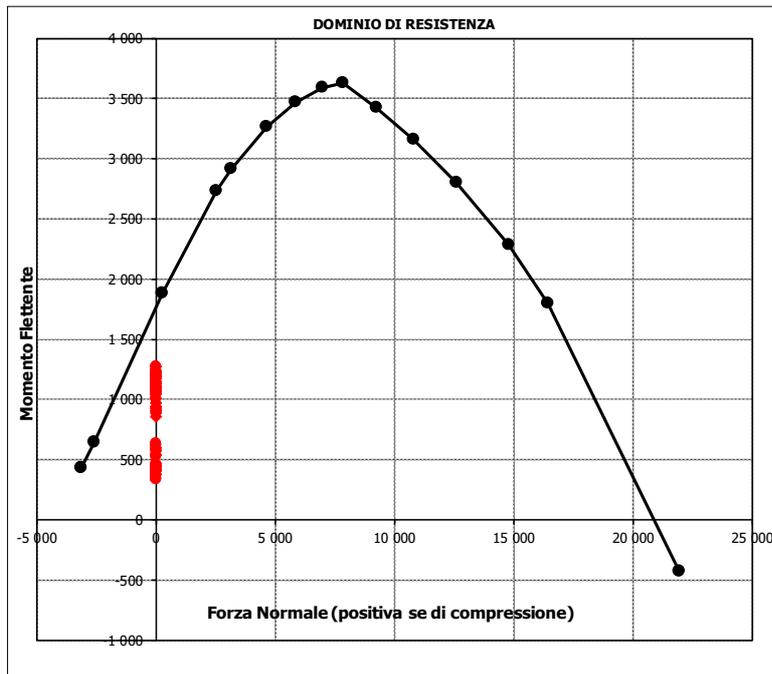
| Armatura tesa | | | |
|-----------------------------|----------|-------|-----------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 10 | 26 | 53.09 | cm ² |
| 0 | 0 | 0.00 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| 53.09 cm² | | | |

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

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|----------|-----------|------|
| Comb. | Nsd [kN] | Msd [kNm] | |
| (Nmax) | | | |
| (Nmin) | | | |
| (Mmax) | 14S1-21M | 0 | 1272 |
| (Mmin) | 80SSS10S | 0 | 339 |

Caratteristiche di sollecitazione

| Comb. | Nsd | Msd | Comb. | Nsd | Msd |
|----------|-----|------|----------|-----|------|
| 01S1-11M | 0 | 1146 | 44S1T23M | 0 | 1148 |
| 02S1-11T | 0 | 1084 | 45S1T23T | 0 | 1099 |
| 03S1-12M | 0 | 1066 | 46S1T24- | 0 | 585 |
| 04S1-12T | 0 | 1005 | 47S1T25- | 0 | 620 |
| 05S1-13M | 0 | 1106 | 48S1T26S | 0 | 1154 |
| 06S1-13T | 0 | 1045 | 49S1T27S | 0 | 1120 |
| 07S1-14- | 0 | 406 | 50S1T28S | 0 | 1137 |
| 08S1-15- | 0 | 446 | 51S1T29S | 0 | 621 |
| 09S1-16S | 0 | 1109 | 52S1T30S | 0 | 638 |
| 10S1-17S | 0 | 1074 | 53S3-11M | 0 | 1146 |
| 11S1-18S | 0 | 1092 | 54S3-11T | 0 | 1084 |
| 12S1-19S | 0 | 450 | 55S3-12M | 0 | 1066 |
| 13S1-20S | 0 | 468 | 56S3-12T | 0 | 1005 |
| 14S1-21M | 0 | 1272 | 57S3-13M | 0 | 1106 |
| 15S1-21T | 0 | 1211 | 58S3-13T | 0 | 1045 |
| 16S1-22M | 0 | 1193 | 59S3-14S | 0 | 1109 |
| 17S1-22T | 0 | 1132 | 60S3-15S | 0 | 1074 |
| 18S1-23M | 0 | 1233 | 61S3-16S | 0 | 1092 |
| 19S1-23T | 0 | 1171 | 62S3-21M | 0 | 1272 |
| 20S1-24- | 0 | 533 | 63S3-21T | 0 | 1211 |
| 21S1-25- | 0 | 573 | 64S3-22M | 0 | 1203 |
| 22S1-26S | 0 | 1236 | 65S3-22T | 0 | 1142 |
| 23S1-27S | 0 | 1201 | 66S3-23M | 0 | 1238 |
| 24S1-28S | 0 | 1219 | 67S3-23T | 0 | 1176 |
| 25S1-29S | 0 | 577 | 68S3-24S | 0 | 1236 |
| 26S1-30S | 0 | 595 | 69S3-25S | 0 | 1202 |
| 27S1T11M | 0 | 971 | 70S3-26S | 0 | 1219 |
| 28S1T11T | 0 | 922 | 71SSS1-- | 0 | 377 |
| 29S1T12M | 0 | 902 | 72SSS2-- | 0 | 341 |
| 30S1T12T | 0 | 853 | 73SSS3-- | 0 | 462 |
| 31S1T13M | 0 | 937 | 74SSS4-- | 0 | 343 |
| 32S1T13T | 0 | 888 | 75SSS5-- | 0 | 447 |
| 33S1T14- | 0 | 374 | 76SSS6-- | 0 | 411 |
| 34S1T15- | 0 | 409 | 77SSS7-- | 0 | 533 |
| 35S1T16S | 0 | 942 | 78SSS8-- | 0 | 414 |
| 36S1T17S | 0 | 908 | 79SSS9S | 0 | 375 |
| 37S1T18S | 0 | 925 | 80SSS10S | 0 | 339 |
| 38S1T19S | 0 | 409 | 81SSS11S | 0 | 460 |
| 39S1T20S | 0 | 426 | 82SSS12S | 0 | 341 |
| 40S1T21M | 0 | 1183 | 83SSS13S | 0 | 445 |
| 41S1T21T | 0 | 1134 | 84SSS14S | 0 | 409 |
| 42S1T22M | 0 | 1113 | 85SSS15S | 0 | 531 |
| 43S1T22T | 0 | 1064 | 86SSS16S | 0 | 412 |



SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL100001 | A | 58 di 74 |

• **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_{cc} | 18.8 N/mm ² |

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

| Geometria della sezione | |
|----------------------------------|---------------|
| Altezza geometrica della sezione | $h = 100$ cm |
| Base della sezione | $b = 100$ cm |
| Copriferro | $d' = 8.7$ cm |
| Altezza utile della sezione | $d = 91.3$ cm |

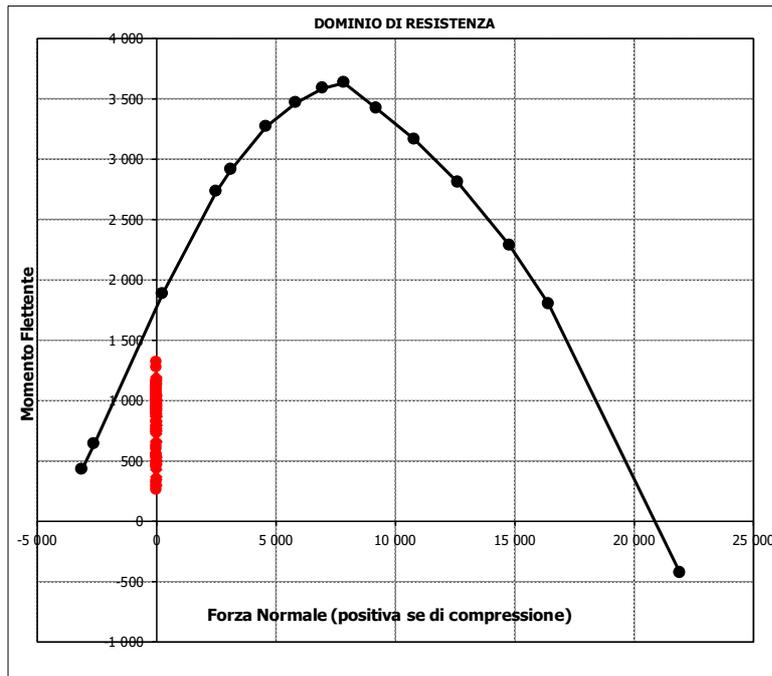
| Armatura tesa | | | |
|---------------|----------|--------------|-----------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 10 | 26 | 53.09 | cm ² |
| 0 | 0 | 0.00 | cm ² |
| | | 53.09 | cm² |

| 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] | |
| (Nmax) | | | |
| (Nmin) | | | |
| (Mmax) | 57S3-13M | 0 | 1319 |
| (Mmin) | 51S1T29S | 0 | 259 |

Caratteristiche di sollecitazione

| Comb. | Nsd | Msd | Comb. | Nsd | Msd |
|----------|-----|------|----------|-----|------|
| 01S1-11M | 0 | 916 | 44S1T23M | 0 | 980 |
| 02S1-11T | 0 | 876 | 45S1T23T | 0 | 948 |
| 03S1-12M | 0 | 995 | 46S1T24- | 0 | 295 |
| 04S1-12T | 0 | 956 | 47S1T25- | 0 | 450 |
| 05S1-13M | 0 | 1178 | 48S1T26S | 0 | 737 |
| 06S1-13T | 0 | 1138 | 49S1T27S | 0 | 771 |
| 07S1-14- | 0 | 474 | 50S1T28S | 0 | 831 |
| 08S1-15- | 0 | 657 | 51S1T29S | 0 | 259 |
| 09S1-16S | 0 | 893 | 52S1T30S | 0 | 320 |
| 10S1-17S | 0 | 928 | 53S3-11M | 0 | 1057 |
| 11S1-18S | 0 | 992 | 54S3-11T | 0 | 1018 |
| 12S1-19S | 0 | 430 | 55S3-12M | 0 | 1136 |
| 13S1-20S | 0 | 494 | 56S3-12T | 0 | 1097 |
| 14S1-21M | 0 | 789 | 57S3-13M | 0 | 1319 |
| 15S1-21T | 0 | 750 | 58S3-13T | 0 | 1280 |
| 16S1-22M | 0 | 869 | 59S3-14S | 0 | 1034 |
| 17S1-22T | 0 | 829 | 60S3-15S | 0 | 1069 |
| 18S1-23M | 0 | 1051 | 61S3-16S | 0 | 1133 |
| 19S1-23T | 0 | 1012 | 62S3-21M | 0 | 930 |
| 20S1-24- | 0 | 347 | 63S3-21T | 0 | 891 |
| 21S1-25- | 0 | 530 | 64S3-22M | 0 | 999 |
| 22S1-26S | 0 | 766 | 65S3-22T | 0 | 960 |
| 23S1-27S | 0 | 801 | 66S3-23M | 0 | 1155 |
| 24S1-28S | 0 | 865 | 67S3-23T | 0 | 1115 |
| 25S1-29S | 0 | 303 | 68S3-24S | 0 | 907 |
| 26S1-30S | 0 | 367 | 69S3-25S | 0 | 941 |
| 27S1T11M | 0 | 967 | 70S3-26S | 0 | 1001 |
| 28S1T11T | 0 | 935 | 71SSS1-- | 0 | 1136 |
| 29S1T12M | 0 | 1036 | 72SSS2-- | 0 | 1116 |
| 30S1T12T | 0 | 1004 | 73SSS3-- | 0 | 628 |
| 31S1T13M | 0 | 1191 | 74SSS4-- | 0 | 560 |
| 32S1T13T | 0 | 1160 | 75SSS5-- | 0 | 1066 |
| 33S1T14- | 0 | 506 | 76SSS6-- | 0 | 1045 |
| 34S1T15- | 0 | 661 | 77SSS7-- | 0 | 557 |
| 35S1T16S | 0 | 948 | 78SSS8-- | 0 | 489 |
| 36S1T17S | 0 | 982 | 79SSS9S | 0 | 1111 |
| 37S1T18S | 0 | 1043 | 80SSS10S | 0 | 1090 |
| 38S1T19S | 0 | 471 | 81SSS11S | 0 | 602 |
| 39S1T20S | 0 | 531 | 82SSS12S | 0 | 534 |
| 40S1T21M | 0 | 756 | 83SSS13S | 0 | 1040 |
| 41S1T21T | 0 | 724 | 84SSS14S | 0 | 1020 |
| 42S1T22M | 0 | 825 | 85SSS15S | 0 | 532 |
| 43S1T22T | 0 | 793 | 86SSS16S | 0 | 464 |



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura a 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 | 824 |
| N_{Ed} | kN | 0 |

Soletta sup

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

Sezione

| | | |
|---------------|-------------------|--------|
| b_w | cm | 100 |
| H | cm | 100 |
| c | cm | 8.7 |
| d | cm | 91.3 |
| k | N/mm ² | 1.47 |
| v_{min} | N/mm ² | 0.36 |
| ρ | | 0.0058 |
| σ_{cp} | N/mm ² | 0.00 |
| α_c | | 1.00 |

Resistenza senza armatura a taglio

| | | |
|----------|----|--|
| V_{Rd} | kN | 431 |
| V_{Rd} | kN | NECESSITA ARMATURA A TAGLIO |

Resistenza con armatura a taglio

| | | |
|-------------------------------|----|-------------------|
| cota | | 0.5 |
| v | | 0.5 |
| ω_{sw} | | 0.04 |
| cot θ | | 2.50 |
| Inclinazione puntone θ | ° | 21.8 |
| V_{RSd} | kN | 1578 |
| V_{Rcd} | kN | 2665 |
| V_{Rd} | kN | 1578 |
| V_{Rd} | kN | VERIFICATO |

• Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

Sollecitazioni

| | | | |
|-------------------|---|------------|------|
| Momento flettente | M | 867 | 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 | 100 | cm | | |
| Larghezza sezione | B | 100 | 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 (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $c_{t2} = 10.0$ cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 53.09 | cm ² | 10 Ø 26 | $c_{t1} = 8.7$ cm |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|--------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 6.2 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 199.5 | N/mm ² | < σ_{samm} |

| | | | | |
|--|-----------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità | e (M) | ∞ | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | ∞ | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 28.9 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 11115 | cm ² | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 10370934.58 | cm ⁴ | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id*} | 4068029.049 | cm ⁴ | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|--|--------------------|--------------|-------------------|------------------------|
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 503 | kN m | La sezione è fessurata |
| Momento di fessurazione (f_{ctm}) | M_{fess} | 718 | kN m | |
| Eccentricità per $M=M_{fess}$ | e (M_{fess}) | ∞ | cm | |
| | u (M_{fess}) | ∞ | cm | |
| Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$ | σ_{cr} | 5.1 | | |
| Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$ | σ_{sr} | 165.3 | N/mm ² | |
| Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$ | y (M_{fess}) | 28.9 | cm | |
| Coefficiente dipendente dalla durata del carico | k_t | 0.6 | | |
| Altezza efficace | $h_{c,eff}$ | 23.71 | cm | |
| Rapporto tra moduli elastici | α_e | 6.1 | - | |
| Armatura nell'area efficace | AS_{eff} | 53.09 | cm ² | |
| Area efficace | AC_{eff} | 2370.89 | cm ² | |
| Rapporto geometrico di armatura | ρ_{eff} | 0.0224 | - | |
| Deformazione unitaria media dell'armatura | ϵ_{sm} | 0.000322548 | - | |
| Copriferro netto | c' | 5.0 | 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} | 367.3772996 | mm | |
| Distanza media tra le fessure | Δs_m | 216.1042939 | mm | |
| Valore medio dell'apertura delle fessure | w_m | 0.07 | mm | |
| Valore di calcolo dell'apertura delle fessure | w_d | 0.12 | mm | |

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 61 di 74 |

• Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

Sollecitazioni

| | | | |
|-------------------|---|------------|------|
| Momento flettente | M | 881 | 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_{samm} | 337.5 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |

Caratteristiche geometriche

| | | | | | |
|--------------------------------|---------|------------|-----------------|-----------------------|--------------------------------------|
| Altezza sezione | H | 100 | cm | | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 26.55 | cm ² | 5 Ø 26 | $C_{s1} = \uparrow$ 8.7 cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $C_{s2} = \downarrow$ 10.0 cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $C_{t2} = \downarrow$ 10.0 cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 53.09 | cm ² | 10 Ø 26 | $C_{t1} = \uparrow$ 8.7 cm |

Tensioni nei materiali

| | | | | | |
|-----------------------------------|------------|--------------|-------------------|---|-----------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 6.3 | N/mm ² | < | σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 202.8 | N/mm ² | < | σ_{samm} |

| | | | | | |
|--|-----------|-------------|-----------------|---|------------------------|
| Eccentricità | e (M) | ∞ | cm | > | H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | ∞ | cm | | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 28.9 | cm | | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 11115 | cm ² | | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 10370934.58 | cm ⁴ | | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id+} | 4068029.049 | cm ⁴ | | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|--|--------------------|--------------|-------------------|------------------------|
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 503 | kN m | La sezione è fessurata |
| Momento di fessurazione (f_{ctm}) | M_{fess} | 718 | kN m | |
| Eccentricità per $M=M_{fess}$ | e (M_{fess}) | ∞ | cm | |
| | u (M_{fess}) | ∞ | cm | |
| Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$ | σ_{cr} | 5.1 | | |
| Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$ | σ_{sr} | 165.3 | N/mm ² | |
| Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$ | y (M_{fess}) | 28.9 | cm | |
| Coefficiente dipendente dalla durata del carico | k_t | 0.6 | | |
| Altezza efficace | $h_{c,eff}$ | 23.71 | cm | |
| Rapporto tra moduli elastici | α_e | 6.1 | - | |
| Armatura nell'area efficace | AS_{eff} | 53.09 | cm ² | |
| Area efficace | AC_{eff} | 2370.89 | cm ² | |
| Rapporto geometrico di armatura | ρ_{eff} | 0.0224 | - | |
| Deformazione unitaria media dell'armatura | ϵ_{sm} | 0.000322548 | - | |
| Copriferro netto | c' | 5.0 | 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} | 367.3772996 | mm | |
| Distanza media tra le fessure | Δs_m | 216.1042939 | mm | |
| Valore medio dell'apertura delle fessure | w_m | 0.07 | mm | |
| Valore di calcolo dell'apertura delle fessure | w_d | 0.12 | mm | |

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL100001 | A | 62 di 74 |

10.5.3 Verifica piedritti

- Verifica a pressoflessione spiccato (Pied-Spicc)

| Acciaio | |
|------------------------------|----------------------------------|
| Tensione car. di rottura | $f_{ik} = 540$ N/mm ² |
| Tensione car. di snervamento | $f_{yk} = 450$ N/mm ² |
| Coeff. parziale di sicurezza | $\gamma_s = 1.15$ |
| Resistenza di calcolo | $f_{yd} = 391$ N/mm ² |
| Modulo elastico | $E_s = 205000$ 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 | $h = 100$ cm |
| Base della sezione | $b = 100$ cm |
| Copriferro | $d' = 8.7$ cm |
| Altezza utile della sezione | $d = 91.3$ cm |

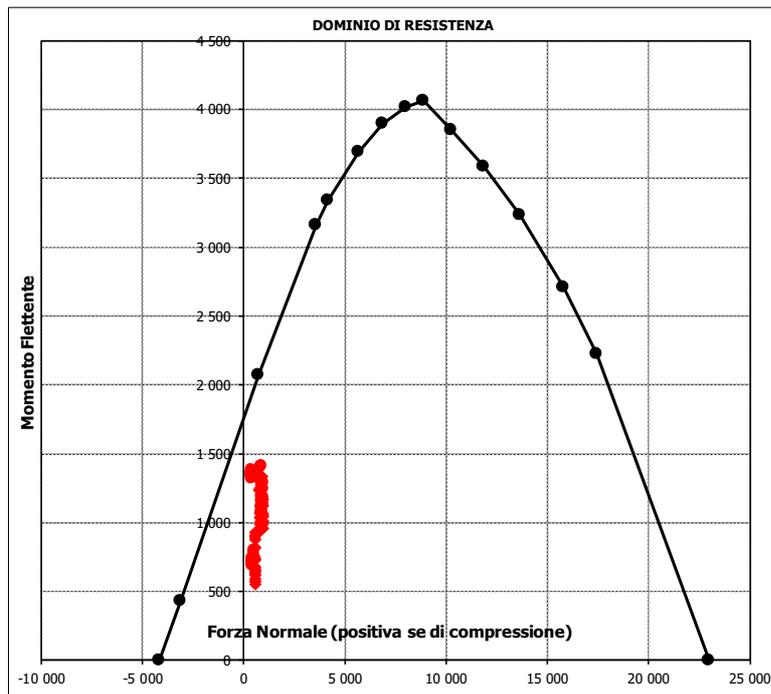
| Armatura tesa | | | |
|---------------|----------|--------------|-----------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 10 | 26 | 53.09 | cm ² |
| 0 | 0 | 0.00 | cm ² |
| | | 53.09 | cm² |

| Armatura compressa | | | |
|--------------------|----------|--------------|-----------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 10 | 26 | 53.09 | cm ² |
| 0 | 0 | 0.00 | cm ² |
| | | 53.09 | cm² |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|----------|-----------|------|
| Comb. | Nsd [kN] | Msd [kNm] | |
| (Nmax) | 09S1-16S | 982 | 992 |
| (Nmin) | 72SSS2-- | 345 | 1343 |
| (Mmax) | 66S3-23M | 885 | 1417 |
| (Mmin) | 38S1T19S | 618 | 551 |

Caratteristiche di sollecitazione

| Comb. | Nsd | Msd | Comb. | Nsd | Msd |
|----------|-----|------|----------|-----|------|
| 01S1-11M | 948 | 957 | 44S1T23M | 824 | 1326 |
| 02S1-11T | 892 | 945 | 45S1T23T | 779 | 1316 |
| 03S1-12M | 948 | 1002 | 46S1T24- | 618 | 651 |
| 04S1-12T | 892 | 990 | 47S1T25- | 582 | 896 |
| 05S1-13M | 906 | 1287 | 48S1T26S | 888 | 1070 |
| 06S1-13T | 849 | 1275 | 49S1T27S | 888 | 1088 |
| 07S1-14- | 618 | 593 | 50S1T28S | 873 | 1195 |
| 08S1-15- | 575 | 878 | 51S1T29S | 618 | 631 |
| 09S1-16S | 982 | 992 | 52S1T30S | 603 | 738 |
| 10S1-17S | 982 | 1011 | 53S3-11M | 921 | 1085 |
| 11S1-18S | 967 | 1123 | 54S3-11T | 865 | 1073 |
| 12S1-19S | 618 | 568 | 55S3-12M | 921 | 1129 |
| 13S1-20S | 602 | 680 | 56S3-12T | 865 | 1118 |
| 14S1-21M | 948 | 1006 | 57S3-13M | 879 | 1414 |
| 15S1-21T | 892 | 994 | 58S3-13T | 822 | 1403 |
| 16S1-22M | 948 | 1050 | 59S3-14S | 955 | 1120 |
| 17S1-22T | 892 | 1038 | 60S3-15S | 955 | 1139 |
| 18S1-23M | 906 | 1335 | 61S3-16S | 940 | 1251 |
| 19S1-23T | 849 | 1323 | 62S3-21M | 921 | 1133 |
| 20S1-24- | 618 | 641 | 63S3-21T | 865 | 1122 |
| 21S1-25- | 575 | 926 | 64S3-22M | 921 | 1172 |
| 22S1-26S | 982 | 1040 | 65S3-22T | 865 | 1160 |
| 23S1-27S | 982 | 1059 | 66S3-23M | 885 | 1417 |
| 24S1-28S | 967 | 1171 | 67S3-23T | 828 | 1405 |
| 25S1-29S | 618 | 616 | 68S3-24S | 955 | 1168 |
| 26S1-30S | 602 | 728 | 69S3-25S | 955 | 1186 |
| 27S1T11M | 860 | 962 | 70S3-26S | 941 | 1293 |
| 28S1T11T | 815 | 952 | 71SSS1-- | 367 | 1361 |
| 29S1T12M | 860 | 1000 | 72SSS2-- | 345 | 1343 |
| 30S1T12T | 815 | 991 | 73SSS3-- | 487 | 775 |
| 31S1T13M | 824 | 1245 | 74SSS4-- | 412 | 715 |
| 32S1T13T | 779 | 1236 | 75SSS5-- | 367 | 1388 |
| 33S1T14- | 618 | 571 | 76SSS6-- | 345 | 1370 |
| 34S1T15- | 582 | 816 | 77SSS7-- | 487 | 802 |
| 35S1T16S | 888 | 989 | 78SSS8-- | 412 | 742 |
| 36S1T17S | 888 | 1008 | 79SSS9S | 376 | 1339 |
| 37S1T18S | 873 | 1114 | 80SSS10S | 354 | 1321 |
| 38S1T19S | 618 | 551 | 81SSS11S | 495 | 753 |
| 39S1T20S | 603 | 657 | 82SSS12S | 420 | 692 |
| 40S1T21M | 860 | 1042 | 83SSS13S | 376 | 1366 |
| 41S1T21T | 815 | 1033 | 84SSS14S | 354 | 1348 |
| 42S1T22M | 860 | 1081 | 85SSS15S | 495 | 779 |
| 43S1T22T | 815 | 1071 | 86SSS16S | 420 | 719 |



SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL100001 | A | 63 di 74 |

• Verifica a pressoflessione sommità (Pied-Sommità)

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 | $h = 100$ | cm |
| Base della sezione | $b = 100$ | cm |
| Copriferro | $d' = 8.7$ | cm |
| Altezza utile della sezione | $d = 91.3$ | cm |

Armatura tesa

| | | |
|----------|----------|-----------------------------|
| N° ferri | Diametro | Area |
| 10 | 26 | 53.09 cm ² |
| 0 | 0 | 0.00 cm ² |
| | | 53.09 cm² |

Armatura compressa

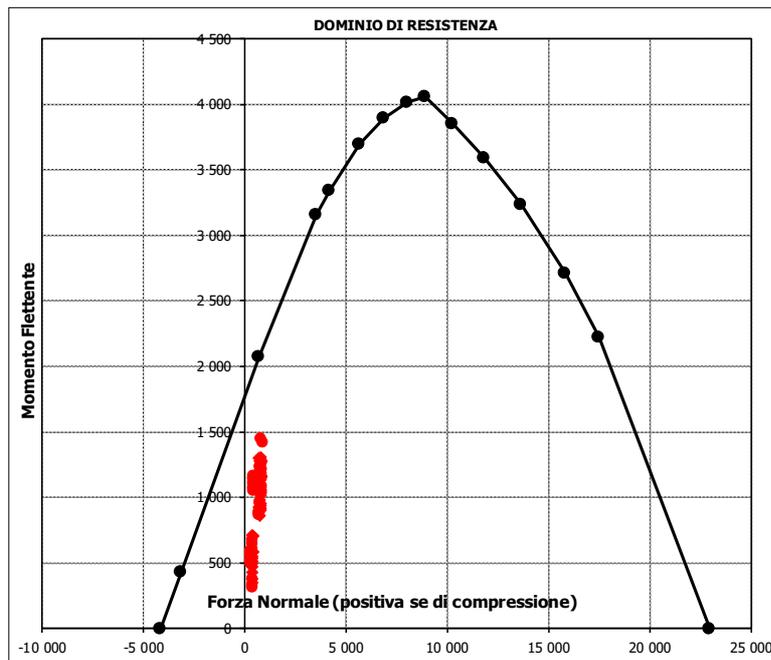
| | | |
|----------|----------|-----------------------------|
| N° ferri | Diametro | Area |
| 10 | 26 | 53.09 cm ² |
| 0 | 0 | 0.00 cm ² |
| | | 53.09 cm² |

Caratteristiche di sollecitazione

| Comb. | Nsd [kN] | Msd [kNm] |
|--------|----------|-----------|
| (Nmax) | 58S3-13T | 884 -1422 |
| (Nmin) | 74SSS4-- | 320 -592 |
| (Mmax) | 57S3-13M | 828 1448 |
| (Mmin) | 51S1T29S | 375 314 |

Caratteristiche di sollecitazione

| Comb. | Nsd | Msd | | |
|----------|-----|------|----------|----------|
| 01S1-11M | 759 | 1055 | 44S1T23M | 740 1102 |
| 02S1-11T | 815 | 1030 | 45S1T23T | 785 1082 |
| 03S1-12M | 759 | 1101 | 46S1T24- | 375 334 |
| 04S1-12T | 815 | 1076 | 47S1T25- | 411 511 |
| 05S1-13M | 801 | 1309 | 48S1T26S | 731 874 |
| 06S1-13T | 857 | 1284 | 49S1T27S | 731 895 |
| 07S1-14- | 375 | 501 | 50S1T28S | 746 965 |
| 08S1-15- | 417 | 708 | 51S1T29S | 375 314 |
| 09S1-16S | 793 | 1041 | 52S1T30S | 389 385 |
| 10S1-17S | 793 | 1063 | 53S3-11M | 786 1194 |
| 11S1-18S | 809 | 1137 | 54S3-11T | 842 1169 |
| 12S1-19S | 375 | 476 | 55S3-12M | 786 1240 |
| 13S1-20S | 390 | 551 | 56S3-12T | 842 1215 |
| 14S1-21M | 759 | 934 | 57S3-13M | 828 1448 |
| 15S1-21T | 815 | 909 | 58S3-13T | 884 1422 |
| 16S1-22M | 759 | 980 | 59S3-14S | 820 1180 |
| 17S1-22T | 815 | 955 | 60S3-15S | 820 1202 |
| 18S1-23M | 801 | 1188 | 61S3-16S | 836 1276 |
| 19S1-23T | 857 | 1163 | 62S3-21M | 786 1073 |
| 20S1-24- | 375 | 380 | 63S3-21T | 842 1048 |
| 21S1-25- | 417 | 587 | 64S3-22M | 786 1113 |
| 22S1-26S | 793 | 920 | 65S3-22T | 842 1088 |
| 23S1-27S | 793 | 942 | 66S3-23M | 822 1290 |
| 24S1-28S | 809 | 1017 | 67S3-23T | 878 1265 |
| 25S1-29S | 375 | 356 | 68S3-24S | 820 1059 |
| 26S1-30S | 390 | 430 | 69S3-25S | 820 1080 |
| 27S1T11M | 703 | 1086 | 70S3-26S | 835 1150 |
| 28S1T11T | 748 | 1066 | 71SSS1-- | 462 1169 |
| 29S1T12M | 703 | 1127 | 72SSS2-- | 439 1144 |
| 30S1T12T | 748 | 1107 | 73SSS3-- | 395 677 |
| 31S1T13M | 740 | 1304 | 74SSS4-- | 320 592 |
| 32S1T13T | 785 | 1283 | 75SSS5-- | 462 1102 |
| 33S1T14- | 375 | 535 | 76SSS6-- | 439 1076 |
| 34S1T15- | 411 | 712 | 77SSS7-- | 395 610 |
| 35S1T16S | 731 | 1075 | 78SSS8-- | 320 525 |
| 36S1T17S | 731 | 1096 | 79SSS9S | 463 1146 |
| 37S1T18S | 746 | 1166 | 80SSS10S | 440 1120 |
| 38S1T19S | 375 | 516 | 81SSS11S | 396 654 |
| 39S1T20S | 389 | 586 | 82SSS12S | 321 568 |
| 40S1T21M | 703 | 885 | 83SSS13S | 463 1078 |
| 41S1T21T | 748 | 865 | 84SSS14S | 440 1053 |
| 42S1T22M | 703 | 925 | 85SSS15S | 396 586 |
| 43S1T22T | 748 | 905 | 86SSS16S | 321 501 |



- 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 | 677 |
| 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 | | 10 |
| \varnothing_1 | mm | 26 |
| n_2 | | - |
| \varnothing_2 | mm | - |
| Asl | cm ² | 53.09 |

Sezione

| | | |
|---------------|-------------------|--------|
| b_w | cm | 100 |
| H | cm | 100 |
| c | cm | 8.7 |
| d | cm | 91.3 |
| k | N/mm ² | 1.47 |
| v_{min} | N/mm ² | 0.36 |
| ρ | | 0.0058 |
| σ_{cp} | N/mm ² | 0.00 |
| α_c | | 1.00 |

Resistenza senza armatura a taglio

| | | |
|----------|----|--|
| V_{Rd} | kN | 431 |
| 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 | 1578 |
| V_{RCd} | kN | 2665 |
| V_{Rd} | kN | 1578 |
| V_{Rd} | kN | VERIFICATO |

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 65 di 74 |

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spicc)

Sollecitazioni

| | | | |
|-------------------|---|------------|------|
| Momento flettente | M | 972 | kN m |
| Sforzo normale | N | 735 | 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_{samm} | 337.5 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |

Caratteristiche geometriche

| | | | | | |
|--------------------------------|---------|------------|-----------------|-----------------------|--|
| Altezza sezione | H | 100 | cm | | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 53.09 | cm ² | 10 Ø 26 | $C_{s1} = \blacktriangledown$ 8.7 cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $C_{s2} = \blacktriangledown$ 10.0 cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $C_{t2} = \blacktriangledown$ 10.0 cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 53.09 | cm ² | 10 Ø 26 | $C_{t1} = \blacktriangledown$ 8.7 cm |

Tensioni nei materiali

| | | | | | |
|-----------------------------------|------------|--------------|-------------------|---|-----------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 6.7 | N/mm ² | < | σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 160.6 | N/mm ² | < | σ_{samm} |

| | | | | | |
|--|-----------|-------------|-----------------|---|------------------------|
| Eccentricità | e (M) | 132.2 | cm | > | H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | 82.2 | cm | | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 35.2 | cm | | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 11487 | cm ² | | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 11050135 | cm ⁴ | | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id+} | 4521324.748 | cm ⁴ | | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|--|--------------------|--------------|-------------------|------------------------|
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 677 | kN m | La sezione è fessurata |
| Momento di fessurazione (f_{ctm}) | M_{fess} | 907 | kN m | |
| Eccentricità per $M=M_{fess}$ | e (M_{fess}) | 123.3 | cm | |
| | u (M_{fess}) | 73.3 | cm | |
| Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$ | σ_{cr} | 6.3 | | |
| Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$ | σ_{sr} | 145.9 | N/mm ² | |
| Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$ | y (M_{fess}) | 35.9 | cm | |
| Coefficiente dipendente dalla durata del carico | k_t | 0.6 | | |
| Altezza efficace | $h_{c,eff}$ | 21.37 | cm | |
| Rapporto tra moduli elastici | α_e | 6.1 | - | |
| Armatura nell'area efficace | AS_{eff} | 53.09 | cm ² | |
| Area efficace | AC_{eff} | 2137.24 | cm ² | |
| Rapporto geometrico di armatura | ρ_{eff} | 0.0248 | - | |
| Deformazione unitaria media dell'armatura | ϵ_{sm} | 0.000284675 | - | |
| Copriferro netto | c' | 5.0 | 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} | 347.9261519 | mm | |
| Distanza media tra le fessure | ΔS_m | 204.6624423 | mm | |
| Valore medio dell'apertura delle fessure | w_m | 0.06 | mm | |
| Valore di calcolo dell'apertura delle fessure | w_d | 0.10 | mm | |

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 66 di 74 |

- Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

Sollecitazioni

| | | | |
|-------------------|---|------------|------|
| Momento flettente | M | 964 | kN m |
| Sforzo normale | N | 858 | 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 | 100 | cm | | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 53.09 | cm ² | 10 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 (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $C_{t2} = \text{10.0 cm}$ |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 53.09 | cm ² | 10 Ø 26 | $C_{t1} = \text{8.7 cm}$ |

Tensioni nei materiali

| | | | | | |
|-----------------------------------|------------|--------------|-------------------|---|-----------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 6.7 | N/mm ² | < | σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 149.2 | N/mm ² | < | σ_{samm} |

| | | | | | |
|--|-----------|-------------|-----------------|---|------------------------|
| Eccentricità | e (M) | 112.4 | cm | > | H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | 62.4 | cm | | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 36.9 | cm | | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 11487 | cm ² | | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 11050135 | cm ⁴ | | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id+} | 4660725.871 | cm ⁴ | | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|--|--------------------|--------------|-------------------|------------------------|
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 701 | kN m | La sezione è fessurata |
| Momento di fessurazione (f_{ctm}) | M_{fess} | 930 | kN m | |
| Eccentricità per $M=M_{fess}$ | e (M_{fess}) | 108.4 | cm | |
| | u (M_{fess}) | 58.4 | cm | |
| Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$ | σ_{cr} | 6.5 | | |
| Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$ | σ_{sr} | 141.6 | N/mm ² | |
| Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$ | y (M_{fess}) | 37.3 | cm | |
| Coefficiente dipendente dalla durata del carico | k_t | 0.6 | | |
| Altezza efficace | $h_{c,eff}$ | 20.91 | cm | |
| Rapporto tra moduli elastici | α_e | 6.1 | - | |
| Armatura nell'area efficace | AS_{eff} | 53.09 | cm ² | |
| Area efficace | AC_{eff} | 2091.28 | cm ² | |
| Rapporto geometrico di armatura | ρ_{eff} | 0.0254 | - | |
| Deformazione unitaria media dell'armatura | ϵ_{sm} | 0.000276284 | - | |
| Copriferro netto | c' | 5.0 | 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} | 344.0999411 | mm | |
| Distanza media tra le fessure | Δs_m | 202.41173 | mm | |
| Valore medio dell'apertura delle fessure | w_m | 0.06 | mm | |
| Valore di calcolo dell'apertura delle fessure | w_d | 0.10 | mm | |

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL100001 | A | 67 di 74 |

10.5.4 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 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 | $h = 100$ cm |
| Base della sezione | $b = 100$ cm |
| Copriferro | $d' = 8.7$ cm |
| Altezza utile della sezione | $d = 91.3$ cm |

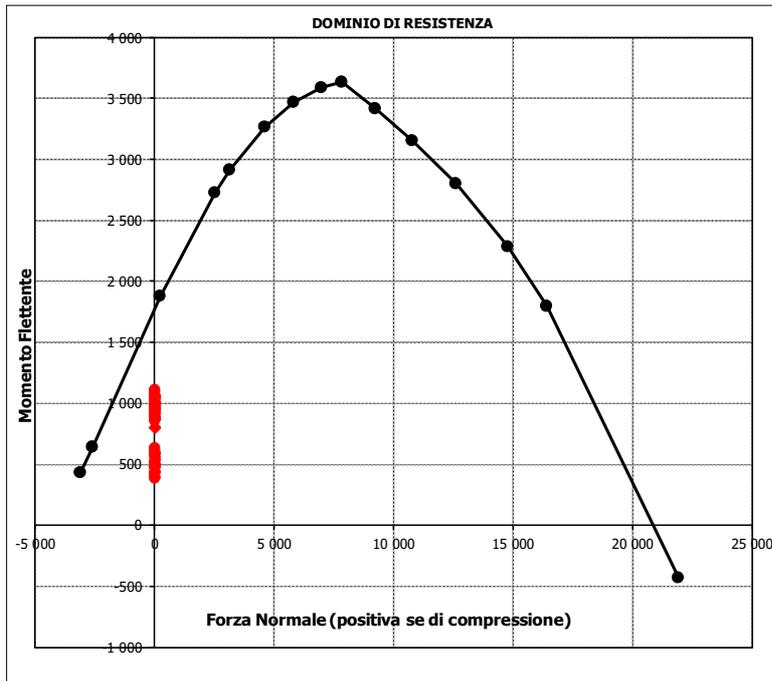
| Armatura tesa | | | |
|---------------|----------|-------|-----------------------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 10 | 26 | 53.09 | cm ² |
| 0 | 0 | 0.00 | cm ² |
| | | | 53.09 cm² |

| 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] | |
| (Nmax) | | | |
| (Nmin) | | | |
| (Mmax) | 58S3-13T | 0 | 1113 |
| (Mmin) | 46S1T24- | 0 | 386 |

Caratteristiche di sollecitazione

| Comb. | Nsd | Msd | | | |
|----------|-----|------|----------|---|------|
| 01S1-11M | 0 | 1004 | 44S1T23M | 0 | 924 |
| 02S1-11T | 0 | 1010 | 45S1T23T | 0 | 928 |
| 03S1-12M | 0 | 922 | 46S1T24- | 0 | 386 |
| 04S1-12T | 0 | 928 | 47S1T25- | 0 | 509 |
| 05S1-13M | 0 | 1064 | 48S1T26S | 0 | 899 |
| 06S1-13T | 0 | 1070 | 49S1T27S | 0 | 862 |
| 07S1-14- | 0 | 447 | 50S1T28S | 0 | 918 |
| 08S1-15- | 0 | 588 | 51S1T29S | 0 | 421 |
| 09S1-16S | 0 | 1036 | 52S1T30S | 0 | 477 |
| 10S1-17S | 0 | 998 | 53S3-11M | 0 | 1047 |
| 11S1-18S | 0 | 1057 | 54S3-11T | 0 | 1053 |
| 12S1-19S | 0 | 490 | 55S3-12M | 0 | 965 |
| 13S1-20S | 0 | 549 | 56S3-12T | 0 | 971 |
| 14S1-21M | 0 | 951 | 57S3-13M | 0 | 1107 |
| 15S1-21T | 0 | 957 | 58S3-13T | 0 | 1113 |
| 16S1-22M | 0 | 869 | 59S3-14S | 0 | 1079 |
| 17S1-22T | 0 | 875 | 60S3-15S | 0 | 1041 |
| 18S1-23M | 0 | 1011 | 61S3-16S | 0 | 1100 |
| 19S1-23T | 0 | 1017 | 62S3-21M | 0 | 994 |
| 20S1-24- | 0 | 394 | 63S3-21T | 0 | 1000 |
| 21S1-25- | 0 | 535 | 64S3-22M | 0 | 922 |
| 22S1-26S | 0 | 983 | 65S3-22T | 0 | 928 |
| 23S1-27S | 0 | 945 | 66S3-23M | 0 | 1045 |
| 24S1-28S | 0 | 1004 | 67S3-23T | 0 | 1051 |
| 25S1-29S | 0 | 437 | 68S3-24S | 0 | 1026 |
| 26S1-30S | 0 | 496 | 69S3-25S | 0 | 990 |
| 27S1T11M | 0 | 961 | 70S3-26S | 0 | 1046 |
| 28S1T11T | 0 | 966 | 71SSS1-- | 0 | 636 |
| 29S1T12M | 0 | 889 | 72SSS2-- | 0 | 609 |
| 30S1T12T | 0 | 894 | 73SSS3-- | 0 | 518 |
| 31S1T13M | 0 | 1012 | 74SSS4-- | 0 | 430 |
| 32S1T13T | 0 | 1017 | 75SSS5-- | 0 | 606 |
| 33S1T14- | 0 | 474 | 76SSS6-- | 0 | 580 |
| 34S1T15- | 0 | 597 | 77SSS7-- | 0 | 489 |
| 35S1T16S | 0 | 987 | 78SSS8-- | 0 | 400 |
| 36S1T17S | 0 | 950 | 79SSS9S | 0 | 635 |
| 37S1T18S | 0 | 1007 | 80SSS10S | 0 | 608 |
| 38S1T19S | 0 | 509 | 81SSS11S | 0 | 517 |
| 39S1T20S | 0 | 566 | 82SSS12S | 0 | 429 |
| 40S1T21M | 0 | 873 | 83SSS13S | 0 | 606 |
| 41S1T21T | 0 | 877 | 84SSS14S | 0 | 579 |
| 42S1T22M | 0 | 801 | 85SSS15S | 0 | 488 |
| 43S1T22T | 0 | 806 | 86SSS16S | 0 | 399 |



SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL100001 | A | 68 di 74 |

• Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-App)

| Acciaio | |
|------------------------------|----------------------------------|
| Tensione car. di rottura | $f_{tk} = 540$ N/mm ² |
| Tensione car. di snervamento | $f_{yk} = 450$ N/mm ² |
| Coeff. parziale di sicurezza | $\gamma_s = 1.15$ |
| Resistenza di calcolo | $f_{yd} = 391$ N/mm ² |
| Modulo elastico | $E_s = 205000$ 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_{ctd} | 22.1 N/mm ² |
| f_{cd} | 18.8 N/mm ² |

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

| Geometria della sezione | |
|----------------------------------|---------------|
| Altezza geometrica della sezione | $h = 100$ cm |
| Base della sezione | $b = 100$ cm |
| Copriferro | $d' = 8.7$ cm |
| Altezza utile della sezione | $d = 91.3$ cm |

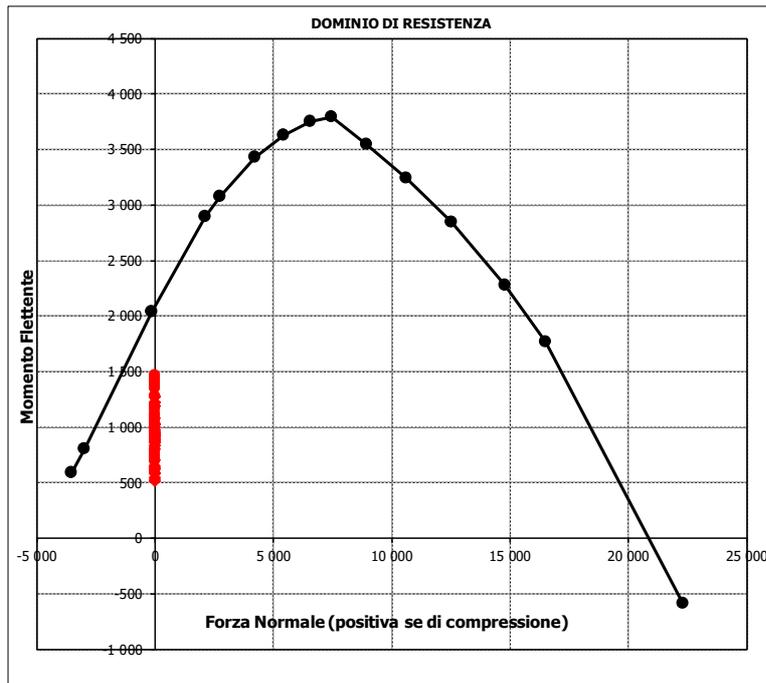
| Armatura tesa | | | |
|-----------------------------|----------|-------|-----------------|
| N° ferri | Diametro | Area | |
| 10 | 26 | 53.09 | cm ² |
| 5 | 16 | 10.05 | cm ² |
| | | 0.00 | cm ² |
| 63.15 cm² | | | |

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

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|----------|-----------|------|
| Comb. | Nsd [kN] | Msd [kNm] | |
| (Nmax) | | | |
| (Nmin) | | | |
| (Mmax) | 75SSS5-- | 0 | 1468 |
| (Mmin) | 38S1T19S | 0 | 514 |

Caratteristiche di sollecitazione

| Comb. | Nsd | Msd | | | |
|----------|-----|------|----------|---|------|
| 01S1-11M | 0 | 840 | 44S1T23M | 0 | 1284 |
| 02S1-11T | 0 | 837 | 45S1T23T | 0 | 1282 |
| 03S1-12M | 0 | 924 | 46S1T24- | 0 | 640 |
| 04S1-12T | 0 | 921 | 47S1T25- | 0 | 898 |
| 05S1-13M | 0 | 1224 | 48S1T26S | 0 | 977 |
| 06S1-13T | 0 | 1221 | 49S1T27S | 0 | 1014 |
| 07S1-14- | 0 | 578 | 50S1T28S | 0 | 1126 |
| 08S1-15- | 0 | 878 | 51S1T29S | 0 | 604 |
| 09S1-16S | 0 | 870 | 52S1T30S | 0 | 716 |
| 10S1-17S | 0 | 909 | 53S3-11M | 0 | 977 |
| 11S1-18S | 0 | 1027 | 54S3-11T | 0 | 974 |
| 12S1-19S | 0 | 533 | 55S3-12M | 0 | 1061 |
| 13S1-20S | 0 | 651 | 56S3-12T | 0 | 1057 |
| 14S1-21M | 0 | 894 | 57S3-13M | 0 | 1361 |
| 15S1-21T | 0 | 891 | 58S3-13T | 0 | 1358 |
| 16S1-22M | 0 | 978 | 59S3-14S | 0 | 1007 |
| 17S1-22T | 0 | 975 | 60S3-15S | 0 | 1046 |
| 18S1-23M | 0 | 1278 | 61S3-16S | 0 | 1164 |
| 19S1-23T | 0 | 1275 | 62S3-21M | 0 | 1031 |
| 20S1-24- | 0 | 632 | 63S3-21T | 0 | 1028 |
| 21S1-25- | 0 | 932 | 64S3-22M | 0 | 1104 |
| 22S1-26S | 0 | 924 | 65S3-22T | 0 | 1101 |
| 23S1-27S | 0 | 963 | 66S3-23M | 0 | 1363 |
| 24S1-28S | 0 | 1081 | 67S3-23T | 0 | 1359 |
| 25S1-29S | 0 | 587 | 68S3-24S | 0 | 1061 |
| 26S1-30S | 0 | 705 | 69S3-25S | 0 | 1099 |
| 27S1T11M | 0 | 862 | 70S3-26S | 0 | 1210 |
| 28S1T11T | 0 | 860 | 71SSS1-- | 0 | 1438 |
| 29S1T12M | 0 | 936 | 72SSS2-- | 0 | 1424 |
| 30S1T12T | 0 | 933 | 73SSS3-- | 0 | 771 |
| 31S1T13M | 0 | 1194 | 74SSS4-- | 0 | 725 |
| 32S1T13T | 0 | 1191 | 75SSS5-- | 0 | 1468 |
| 33S1T14- | 0 | 549 | 76SSS6-- | 0 | 1455 |
| 34S1T15- | 0 | 808 | 77SSS7-- | 0 | 801 |
| 35S1T16S | 0 | 886 | 78SSS8-- | 0 | 755 |
| 36S1T17S | 0 | 924 | 79SSS9S | 0 | 1411 |
| 37S1T18S | 0 | 1036 | 80SSS10S | 0 | 1397 |
| 38S1T19S | 0 | 514 | 81SSS11S | 0 | 743 |
| 39S1T20S | 0 | 626 | 82SSS12S | 0 | 698 |
| 40S1T21M | 0 | 953 | 83SSS13S | 0 | 1441 |
| 41S1T21T | 0 | 950 | 84SSS14S | 0 | 1427 |
| 42S1T22M | 0 | 1026 | 85SSS15S | 0 | 773 |
| 43S1T22T | 0 | 1023 | 86SSS16S | 0 | 728 |



- 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 | 748 |
| 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 | | 10 |
| \varnothing_1 | mm | 26 |
| n_2 | | 5 |
| \varnothing_2 | mm | 16 |
| Asl | cm ² | 63.15 |

Sezione

| | | |
|---------------|-------------------|--------|
| b_w | cm | 100 |
| H | cm | 100 |
| c | cm | 8.7 |
| d | cm | 91.3 |
| k | N/mm ² | 1.47 |
| v_{min} | N/mm ² | 0.36 |
| ρ | | 0.0069 |
| σ_{cp} | N/mm ² | 0.00 |
| α_c | | 1.00 |

Resistenza senza armatura a taglio

| | | |
|----------|----|------------------------------------|
| V_{Rd} | kN | 457 |
| 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 | 1578 |
| V_{Rcd} | kN | 2665 |
| V_{Rd} | kN | 1578 |
| V_{Rd} | kN | VERIFICATO |

SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76
Relazione di calcolo scatolare

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IV01 | 00D26 | CL | SL1000001 | A | 70 di 74 |

• Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

Sollecitazioni

| | | | |
|-------------------|---|------------|------|
| Momento flettente | M | 740 | 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_{samm} | 337.5 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |

Caratteristiche geometriche

| | | | | | |
|--------------------------------|---------|------------|-----------------|-----------------------|--------------------------------------|
| Altezza sezione | H | 100 | cm | | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 26.55 | cm ² | 5 Ø 26 | $C_{s1} = \uparrow$ 8.7 cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $C_{s2} = \downarrow$ 10.0 cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $C_{t2} = \downarrow$ 10.0 cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 53.09 | cm ² | 10 Ø 26 | $C_{t1} = \uparrow$ 8.7 cm |

Tensioni nei materiali

| | | | | | |
|-----------------------------------|------------|--------------|-------------------|---|-----------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 5.3 | N/mm ² | < | σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 170.4 | N/mm ² | < | σ_{samm} |

| | | | | | |
|--|-----------|-------------|-----------------|---|------------------------|
| Eccentricità | e (M) | ∞ | cm | > | H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | ∞ | cm | | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 28.9 | cm | | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 11115 | cm ² | | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 10370934.58 | cm ⁴ | | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id+} | 4068029.049 | cm ⁴ | | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|--|--------------------|--------------|-------------------|------------------------|
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 503 | kN m | La sezione è fessurata |
| Momento di fessurazione (f_{ctm}) | M_{fess} | 718 | kN m | |
| Eccentricità per $M=M_{fess}$ | e (M_{fess}) | ∞ | cm | |
| | u (M_{fess}) | ∞ | cm | |
| Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$ | σ_{cr} | 5.1 | | |
| Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$ | σ_{sr} | 165.3 | N/mm ² | |
| Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$ | y (M_{fess}) | 28.9 | cm | |
| Coefficiente dipendente dalla durata del carico | k_t | 0.6 | | |
| Altezza efficace | $h_{c,eff}$ | 23.71 | cm | |
| Rapporto tra moduli elastici | α_e | 6.1 | - | |
| Armatura nell'area efficace | AS_{eff} | 53.09 | cm ² | |
| Area efficace | AC_{eff} | 2370.89 | cm ² | |
| Rapporto geometrico di armatura | ρ_{eff} | 0.0224 | - | |
| Deformazione unitaria media dell'armatura | ϵ_{sm} | 0.000322548 | - | |
| Copriferro netto | c' | 5.0 | 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} | 367.3772996 | mm | |
| Distanza media tra le fessure | Δs_m | 216.1042939 | mm | |
| Valore medio dell'apertura delle fessure | w_m | 0.07 | mm | |
| Valore di calcolo dell'apertura delle fessure | w_d | 0.12 | mm | |

• Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

Sollecitazioni

| | | | |
|-------------------|---|------------|------|
| Momento flettente | M | 937 | 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 | 100 | cm | | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1^1 | 26.55 | cm ² | 5 Ø 26 | $c_{s1} = \text{8.7}$ cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2^1 | 0.00 | cm ² | 0 Ø 0 | $c_{s2} = \text{10.0}$ cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 10.05 | cm ² | 5 Ø 16 | $c_{t2} = \text{10.8}$ cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 53.09 | cm ² | 10 Ø 26 | $c_{t1} = \text{8.7}$ cm |

Tensioni nei materiali

| | | | | |
|-----------------------------------|------------|--------------|-------------------|-------------------|
| Compressione max nel cls. | σ_c | 6.3 | N/mm ² | < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 184.5 | N/mm ² | < σ_{samm} |

| | | | | |
|--|------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| Eccentricità | e (M) | ∞ | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | ∞ | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 31.0 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 11256 | cm ² | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 10602654.44 | cm ⁴ | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id}^* | 4597591.863 | cm ⁴ | |

Verifica a fessurazione

| | | | | |
|--|--------------------|--------------|-------------------|------------------------|
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 514 | kN m | La sezione è fessurata |
| Momento di fessurazione (f_{ctm}) | M_{fess} | 734 | kN m | |
| Eccentricità per $M=M_{fess}$ | e (M_{fess}) | ∞ | cm | |
| | u (M_{fess}) | ∞ | cm | |
| Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$ | σ_{cr} | 4.9 | | |
| Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$ | σ_{sr} | 144.5 | N/mm ² | |
| Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$ | y (M_{fess}) | 31.0 | cm | |
| Coefficiente dipendente dalla durata del carico | k_c | 0.6 | | |
| Altezza efficace | $h_{c,eff}$ | 23.01 | cm | |
| Rapporto tra moduli elastici | α_e | 6.1 | - | |
| Armatura nell'area efficace | AS_{eff} | 63.15 | cm ² | |
| Area efficace | AC_{eff} | 2300.98 | cm ² | |
| Rapporto geometrico di armatura | ρ_{eff} | 0.0274 | - | |
| Deformazione unitaria media dell'armatura | ϵ_{sm} | 0.000281971 | - | |
| Copriferro netto | c' | 5.0 | 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} | 23.65 | mm | |
| Distanza massima tra le fessure | Δs_{max} | 316.4850551 | mm | |
| Distanza media tra le fessure | Δs_m | 186.1676795 | mm | |
| Valore medio dell'apertura delle fessure | w_m | 0.05 | mm | |
| Valore di calcolo dell'apertura delle fessure | w_d | 0.09 | mm | |

| | | | | | | |
|---|---|------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p> | | | | | |
| <p>SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare</p> | <p>COMMESSA IV01</p> | <p>LOTTO 00D26</p> | <p>CODIFICA CL</p> | <p>DOCUMENTO SL1000001</p> | <p>REV. A</p> | <p>FOGLIO 72 di 74</p> |

11. INCIDENZA SCATOLARE

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

| | |
|-------------------|------------------|
| Soletta superiore | 100 kg/mc |
| Soletta inferiore | 110 kg/mc |
| Piedritti | 130 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 | | | | | |
| SL10 - Nuovo Sottovia rampa uscita autostradale al km 84+849.76 Relazione di calcolo scatolare | COMMESSA IV01 | LOTTO 00D26 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL1000001 | REV. A | FOGLIO 73 di 74 |

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.