

Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38
dal Km 18+200 al Km 68+300

PROGETTO DEFINITIVO

COD. SIL NOMSMI01070

PROGETTISTA



I PROGETTISTI:

Ing. Andrea Polli
Ordine Ingegneri della Provincia di Roma n.19540

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.:

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Giampiero Carrieri
Ordine dei Geologi del Piemonte n.274

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Geol. Giampiero Carrieri
Ordine dei Geologi del Piemonte n.274

VISTO:

IL RESP. DEL PROCEDIMENTO: Ing. Pietro Gualandi
IL DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO: Ing. Emanuele Fiorenza

PROTOCOLLO

DATA

**OPERE D'ARTE MINORI
TOMBINI**

Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO

PROGETTO: **M S M I O 9** LIV. PROG.: **D** N. PROG.: **2 1 0 1**

NOME FILE
T00TM02STRRE01_A

CODICE ELAB.: **T 0 0** **T M 0 2** **S T R** **R E 0 1**

REVISIONE

PAG.

A

1 di 78

D					
C					
B					
A	Emissione Progetto Definitivo	Dicembre 2022	S.Guadagnin	M.Del Fedele	A.Polli
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 2 di 78</p>
--	--

1	PREMESSA	8
2	NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	10
2.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	10
2.2	DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO	10
2.3	SOFTWARE DI CALCOLO	11
3	DESCRIZIONE DELL'OPERA	12
3.1	CONDIZIONI AMBIENTALI E COPRIFERRO	13
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	15
4.1	CALCESTRUZZO	15
4.2	ACCIAIO PER BARRE D'ARMATURA	15
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	16
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	18
7	AZIONI DI PROGETTO	21
7.1	PESO PROPRIO	21
7.2	CARICO DA RICOPRIMENTO	21
7.3	SPINTA DEL TERRENO CON FALDA	21
7.4	SPINTA DEL CANALE	23
7.5	CARICHI DA TRAFFICO	23
7.5.1.	Sovraccarichi verticali da traffico	23
7.5.2.	Sovraccarico laterale da traffico	25
7.5.3.	Azione da frenatura	27
7.6	CARICO DA RITIRO	28
7.7	CARICO TERMICO	30
7.8	AZIONI SISMICHE	31
7.8.1.	Forza inerziale	32
7.8.2.	Sovrappinta sismica del canale	32
7.8.3.	Sovrappinta sismica del terreno	33
8	COMBINAZIONI DI CARICO	34
9	MODELLO DI CALCOLO	36
9.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO	36

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 3 di 78</p>
--	--

<u>9.2</u>	<u>VALIDAZIONE DEL MODELLO</u>	<u>37</u>
<u>9.3</u>	<u>RISULTATI DELL'ANALISI</u>	<u>38</u>
<u>9.3.1.</u>	<u>Risultati a SLU</u>	<u>38</u>
<u>9.3.2.</u>	<u>Risultati a SLV</u>	<u>39</u>
<u>9.3.3.</u>	<u>Risultati a SLE</u>	<u>41</u>
<u>9.3.4.</u>	<u>Sintesi dei risultati</u>	<u>43</u>
<u>10</u>	<u>VERIFICHE</u>	<u>45</u>
<u>10.1</u>	<u>VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO SLU: PRESSOFLESSIONE</u>	<u>45</u>
<u>10.2</u>	<u>VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO SLU: TAGLIO</u>	<u>45</u>
<u>10.3</u>	<u>VERIFICHE DI ESERCIZIO ALLO SLE: TENSIONI D'ESERCIZIO</u>	<u>46</u>
<u>10.4</u>	<u>VERIFICHE DI ESERCIZIO ALLO SLE: FESSURAZIONE</u>	<u>46</u>
<u>10.5</u>	<u>VERIFICA DELLE SEZIONI</u>	<u>47</u>
<u>10.5.1.</u>	<u>Soletta superiore</u>	<u>47</u>
<u>10.5.2.</u>	<u>Piedritti</u>	<u>52</u>
<u>10.5.3.</u>	<u>Soletta di fondazione</u>	<u>55</u>
<u>10.6</u>	<u>STATO LIMITE DI DEFORMABILITÀ (SLE)</u>	<u>61</u>
<u>10.6.1.</u>	<u>Deformabilità – Carichi quasi permanenti</u>	<u>61</u>
<u>10.6.2.</u>	<u>Deformabilità - Carichi da traffico</u>	<u>62</u>
<u>10.7</u>	<u>VERIFICA DEL CARICO LIMITE</u>	<u>63</u>
<u>10.8</u>	<u>VERIFICA AD URTO</u>	<u>66</u>
<u>11</u>	<u>CONCLUSIONI</u>	<u>68</u>
<u>12</u>	<u>ALLEGATO – COMBINAZIONI DI CARICO</u>	<u>69</u>

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 4 di 78</p>
--	--

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Posizione delle 4 tratte di SS38 interessate dagli interventi in progetto.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2: Interventi tratta 1 – Posizione del tombino TM02.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3: Interventi tratta 1 – Posizione del tombino TM03.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 4: Vista in pianta del tombino</i>	<i>12</i>
<i>Figura 5: Sezione longitudinale del tombino</i>	<i>12</i>
<i>Figura 6: Sezione trasversale del tombino.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 7: Descrizione delle classi di esposizione considerate secondo EC2</i>	<i>13</i>
<i>Figura 8: Tab. 4.1.III NTC18, Descrizione delle condizioni ambientali</i>	<i>13</i>
<i>Figura 9: Tab. C4.1.IV, Circolare 21 gennaio 2019 delle NTC18, Copriferrini minimi in mm</i>	<i>14</i>
<i>Figura 10: Stralcio della Carta Geologica di PD della tratta 1 - SS38</i>	<i>16</i>
<i>Figura 11: Caratterizzazione geotecnica delle Unità Geotecniche</i>	<i>16</i>
<i>Figura 12: Dati di input (Fase 1) in “Spettri-NTCver.1.0.3”</i>	<i>18</i>
<i>Figura 13: Dati di input (Fase 2) in “Spettri-NTCver.1.0.3”</i>	<i>19</i>
<i>Figura 14: Dati di input (Fase 3) in “Spettri-NTCver.1.0.3”</i>	<i>19</i>
<i>Figura 15: Parametri spettro di risposta orizzontale (a sinistra) e verticale (a destra) - SLV 20</i>	
<i>Figura 16: Spettri di risposta di progetto all’SLV</i>	<i>20</i>
<i>Figura 17: Carico da ricoprimento [kN/m].....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 18: Spinta del terreno + falda [kN/m].....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 19: Spinta del canale [kN/m]</i>	<i>23</i>
<i>Figura 20: Carichi da traffico secondo NTC18 – Schema di carico 1.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 21 - Impronta di carico diffusa</i>	<i>24</i>
<i>Figura 22: Sovraccarichi verticale da traffico con TS in mezzeria [kN/m]</i>	<i>24</i>
<i>Figura 23: Sovraccarichi verticale da traffico con TS all’appoggio [kN/m]</i>	<i>25</i>
<i>Figura 24: Formulazione di Boussinesq</i>	<i>25</i>
<i>Figura 25: Sovraccarichi laterali da traffico [kN/m]</i>	<i>26</i>
<i>Figura 26: Azione di frenatura sullo scatolare.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 27: Carico da frenatura [kN/m]</i>	<i>28</i>

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 5 di 78</p>
--	--

Figura 28: Carico da ritiro [°C]	30
Figura 29: Carico termico uniforme [°C]	30
Figura 30: Carico termico non uniforme [°C]	31
Figura 31: Sovrappinta sismica del canale [kN/m].....	32
Figura 32: Sovrappinta sismica del terreno + falda [kN/m]	33
Figura 33: Modello FEM.....	36
Figura 34: Involuppo SLU Azione assiale [kN].....	38
Figura 35: Involuppo SLU Taglio [kN].....	38
Figura 36: Involuppo SLU Momento flettente [kNm].....	39
Figura 37: Involuppo SLV Azione assiale [kN]	39
Figura 38: Involuppo SLV Taglio [kN].....	40
Figura 39: Involuppo SLV Momento flettente [kNm].....	40
Figura 40: Involuppo SLE rara Azione assiale [kN].....	41
Figura 41: Involuppo SLE rara Momento flettente [kNm]	41
Figura 42: Involuppo SLE frequente Azione assiale [kN].....	42
Figura 43: Involuppo SLE frequente Momento flettente [kNm].....	42
Figura 44: Involuppo SLE quasi permanente Azione assiale [kN]	42
Figura 45: Involuppo SLE quasi permanente Momento flettente [kNm]	43
Figura 46: Momento resistente M_{Rd}	45
Figura 47: Verifica a taglio della soletta superiore (SLU)	52
Figura 48: Verifica a taglio dei piedritti (SLU).....	55
Figura 49: Verifica a taglio della soletta di fondazione (SLU).....	60
Figura 50: Massima freccia in mezzeria sotto i carichi permanenti	61
Figura 51: Massima freccia in mezzeria sotto il carico UDL	62
Figura 52: Massima freccia in mezzeria sotto il carico TS	62
Figura 53: Pressione al suolo di involuppo [kPa]	65
Figura 54: Sezioni di verifica ad urto	66

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 6 di 78</p>
--	--

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1: Parametri meccanici del calcestruzzo</i>	<i>15</i>
<i>Tabella 2: Parametri meccanici dell'acciaio</i>	<i>15</i>
<i>Tabella 3: Parametri geotecnici considerati nelle analisi</i>	<i>17</i>
<i>Tabella 4: Carichi per la spinta del terreno.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabella 5: Sovraccarico laterale da traffico secondo la formulazione di boussinesq</i>	<i>26</i>
<i>Tabella 6: Parametri per carico da frenatura</i>	<i>28</i>
<i>Tabella 7: Sovrappinta sismica del canale</i>	<i>32</i>
<i>Tabella 8: Sovrappinta sismica della falda.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabella 9: Coefficienti parziali di sicurezza e di combinazione adottati</i>	<i>35</i>
<i>Tabella 10 : Molle alla Winkler.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabella 11 : Reazioni alla base.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabella 12 - Azioni di verifica a SLU</i>	<i>43</i>
<i>Tabella 13 - Azioni di verifica a SLV</i>	<i>43</i>
<i>Tabella 14 - Azioni di verifica a SLE Rara</i>	<i>44</i>
<i>Tabella 15 - Azioni di verifica a SLE Frequente</i>	<i>44</i>
<i>Tabella 16 - Azioni di verifica a SLE Quasi permanente</i>	<i>44</i>
<i>Tabella 17: Classe di esposizione</i>	<i>46</i>
<i>Tabella 18: Apertura limite fessure</i>	<i>46</i>
<i>Tabella 19: Armatura principale soletta superiore.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabella 20: Armatura principale piedritti</i>	<i>52</i>
<i>Tabella 21: Armatura principale soletta di fondazione</i>	<i>55</i>
<i>Tabella 22: NTC18, Tab. 6.2.1 – Coefficienti parziali azioni.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabella 23: NTC18, Tab.6.2.II - Coefficienti parziali parametri geotecnici</i>	<i>64</i>
<i>Tabella 24: Verifica a flessione in condizione eccezionale - Sezione A-A.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabella 25: Verifica a taglio in condizione eccezionale - Sezione A-A.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabella 26: Verifica a flessione in condizione eccezionale - Sezione B-B.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabella 27: Incidenze stimate</i>	<i>68</i>

ANAS S.p.A.

Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38

dal Km 18+200 al Km 68+300

Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo

File: T00TM02STRRE01_A

Data: Dicembre 2022

Pag. 7 di 78

1 PREMESSA

La presente Relazione è parte del Progetto Definitivo (PD) per i lavori di “allargamento in tratti saltuari della S.S. n.38 dal Km 18+200 al Km 68+300”. Gli interventi in progetto si concentrano nelle seguenti quattro tratte:

- Tratta T1 - km 20+590 – 23+230 L=2630m
- Tratta T2 - km 25+040 – 27+280 L=2240m
- Tratta T3 - km 55+224 – 56+447 L=1223m
- Tratta T4 - km 57+984 – 58+515 L=531m



Figura 1: Posizione delle 4 tratte di SS38 interessate dagli interventi in progetto

La presente relazione riguarda l’analisi e le verifiche strutturali di due tombini idraulici di nuova costruzione; il tombino TM02 posto in corrispondenza del Km 23+100 (Tratta di intervento 1) della SS38, e il tombino TM03 posto in corrispondenza del Km 0+200 di una strada secondaria alla SS38 (Tratta di intervento 2-C).

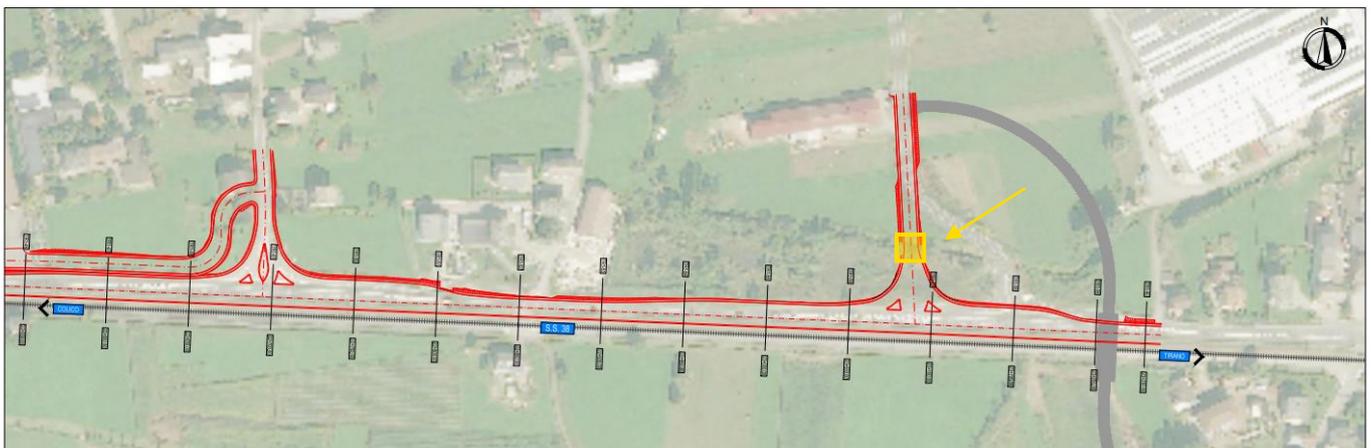


Figura 2: Interventi tratta 1 – Posizione del tombino TM02

ANAS S.p.A.

Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38

dal Km 18+200 al Km 68+300

Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo

File: T00TM02STRRE01_A

Data: Dicembre 2022

Pag. 9 di 78



Figura 3: Interventi tratta 1 – Posizione del tombino TM03

Il tombino TM03 presenta geologia, geometria e dimensioni del tutto analoghe a quelle del TM02; la larghezza interna netta è identica e l'altezza interna è pari a 2.6 m per il TM02 e 2.5 m per il TM03. Nei capitoli seguenti verranno descritte esclusivamente le analisi e le verifiche per il tombino TM02, le quali potranno ritenersi valide anche per il tombino TM03.

Il dimensionamento e le verifiche sono condotti in accordo al quadro normativo vigente.

Per la descrizione di dettaglio delle opere si fa riferimento agli elaborati di progetto.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 10 di 78</p>
--	---

2 Norme e documenti di riferimento

2.1 Normative di riferimento

- [1] D.M. 17 gennaio 2018 – “Norme Tecniche per le Costruzioni “
- [2] Circolare 21 Gennaio 2019 n. 617 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018
- [3] UNI EN 1992-1-1:2005 – “Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”.
- [4] UNI EN 1992-2:2006 – “Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi”
- [5] UNI EN 1998-5:2005 – “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- [6] UNI EN 206:2014 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- [7] UNI 11104:2004 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206”.
- [8] “Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.”

2.2 Documentazione di progetto

- [9] “T00EG00GENRE01”, Elenco elaborati
- [10] “P00PS00TRARE01”, Relazione generale descrittiva e tecnica
- [11] “T00GE00GEORE01”, Relazione geologica
- [12] “T00GE00GETRE01”, Relazione geotecnica
- [13] “P00PS00TRAPL01”, Planimetria di insieme – individuazione interventi
- [14] “P01PS00TRAPP01”, Planimetria di Progetto – Tavola 1 di 2 (Tratta 1)
- [15] “P01PS00TRAPP02”, Planimetria di Progetto – Tavola 1 di 2 (Tratta 1)
- [16] “P02PS00TRAPP01”, Planimetria di Progetto – Tavola 1 di 2 (Tratta 2)
- [17] “P02PS00TRAPP02”, Planimetria di Progetto – Tavola 1 di 2 (Tratta 2)
- [18] “P03PS00TRAPP01”, Planimetria di Progetto – Tavola 1 di 2 (Tratta 3)
- [19] “P03PS00TRAPP02”, Planimetria di Progetto – Tavola 1 di 2 (Tratta 3)
- [20] “P04PS00TRAPP01”, Planimetria di Progetto – Tavola 1 di 2 (Tratta 4)
- [21] “P04PS00TRAPP02”, Planimetria di Progetto – Tavola 1 di 2 (Tratta 4)
- [22] “T00OM00STRDC01”, Tabella materiali e incidenze
- [23] “T00TM02STRCP01”, Tombino TM02 – Carpenteria
- [24] “T00TM03STRCP01”, Tombino TM03 - Carpenteria

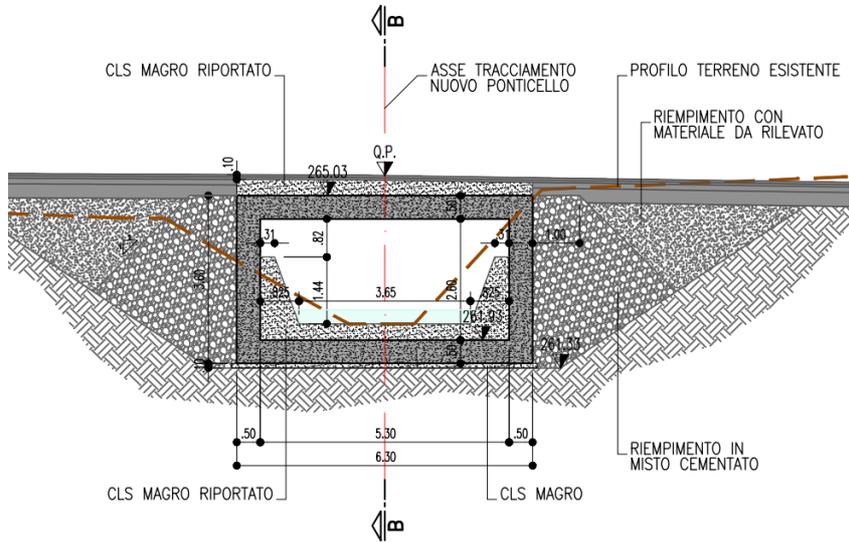
<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 11 di 78</p>
--	---

2.3 Software di calcolo

[25] Midas Gen, v2022 (v2.1) – Per analisi strutturale dello scatolare;

[26] Rc-Sec, v2022 – Per verifiche sezionali a presso-flessione

[27] Fogli di calcolo in Excel per verifiche di taglio, di capacità portante e di deformabilità.



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 14 di 78</p>
--	---

C _{min}	C ₀	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			C _{≥C₀}	C _{min≤C<C₀}	C _{≥C₀}	C _{min≤C<C₀}	C _{≥C₀}	C _{min≤C<C₀}	C _{≥C₀}	C _{min≤C<C₀}
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	<u>molto ag.</u>	35	40	40	45	45	50	50	50

Figura 9: Tab. C4.1.IV, Circolare 21 gennaio 2019 delle NTC18, Copriferrini minimi in mm

In definitiva, si adotta un copriferro nominale per l'opera di 55 mm.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 15 di 78</p>
--	---

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riportano le principali caratteristiche dei materiali considerati nelle verifiche.

4.1 Calcestruzzo

Classe di resistenza	C32/40			
R_{ck}	40	MPa	Resistenza cubica	NTC 2018 - Tab. 4.1.1
$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33.2	MPa	Resistenza a compr. cilindrica caratteristica	NTC 2018 - [11.2.1]
$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.2	MPa	Resistenza a compr. cilindrica media	NTC 2018 - [11.2.2]
$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$	3.09	MPa	Resistenza a traz. media	NTC 2018 - [11.2.3a]
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33642	MPa	Modulo Elastico	NTC 2018 - [11.2.5]
α_{cc}	0.85	-	Coeff. riduttivo per carichi di lunga durata	NTC 2018 - [4.1.2.1.1]
γ_{c_SLU}	1.50	-	Coeff. parziale di sicurezza (SLU)	NTC 2018 - [4.1.2.1.1]
$f_{cd_SLU} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_{c_SLU}$	18.81	MPa	Resistenza di progetto a compressione (SLU)	NTC 2018 - [4.1.3]
γ_{c_ECC}	1.20	-	Coeff. parziale di sicurezza (SLU)	EC2-1-1 - [2.4.2.4]
$f_{cd_ECC} = f_{ck} / \gamma_{c_ECC}$	27.67	MPa	Resistenza di progetto a compressione (ECC)	NTC 2018 - [4.1.3]

Tabella 1: Parametri meccanici del calcestruzzo

4.2 Acciaio per barre d'armatura

Tipologia	B450C			
E_s	210000	MPa	Modulo Elastico	NTC 2018 - [C4.1.2.2.5]
f_{yk}	450	MPa	Tensione caratteristica di snervamento	NTC 2018 - [11.3.2.1]
γ_{s_SLU}	1.50	-	Coeff. parziale di sicurezza (SLU)	NTC 2018 - [4.1.2.1.1]
$f_{yd_SLU} = f_{yk} / \gamma_{s_SLU}$	391.3	MPa	Tensione resistente di progetto (SLU)	NTC 2018 - [4.1.5]
γ_{s_ECC}	1.00	-	Coeff. parziale di sicurezza (SLU)	EC2-1-1 - [2.4.2.4]
$f_{yd_ECC} = f_{yk} / \gamma_{s_ECC}$	450	MPa	Tensione resistente di progetto (ECC)	NTC 2018 - [4.1.5]

Tabella 2: Parametri meccanici dell'acciaio

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si riporta l'inquadramento geologico dell'area dove è prevista l'opera in oggetto:

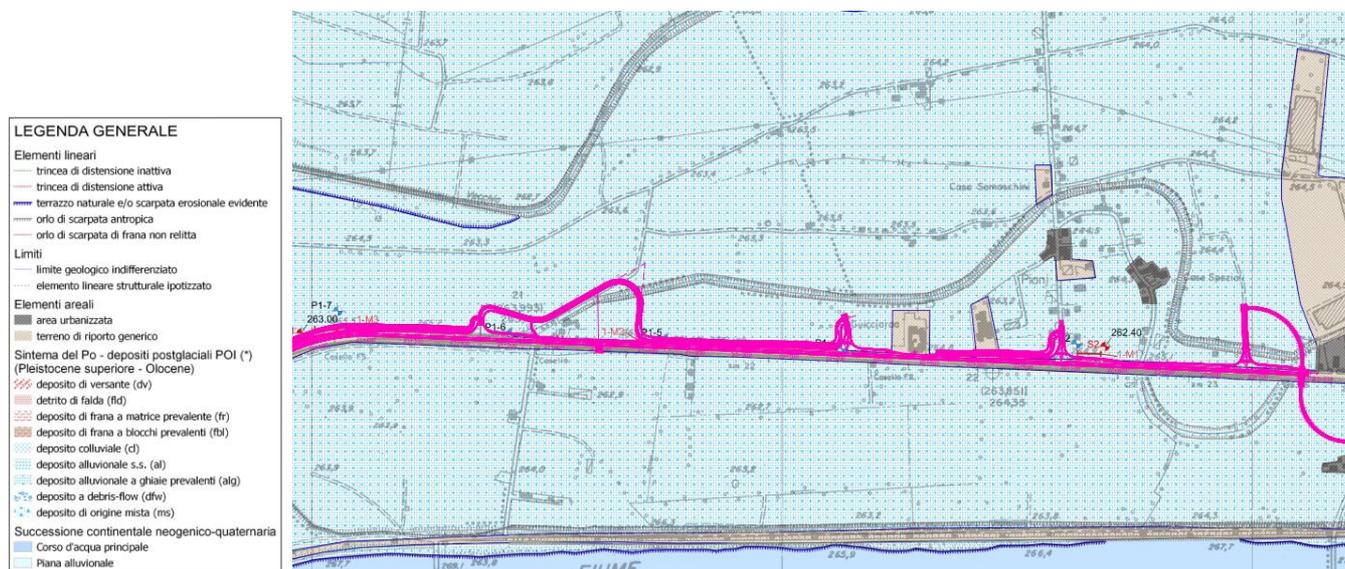


Figura 10: Stralcio della Carta Geologica di PD della tratta 1 - SS38

Sulla base delle informazioni stratigrafiche e dei dati di prova da sondaggi geognostici, sono state identificate le seguenti due unità geotecniche (UG):

- **UG1:** terreni fini con granulometrie costituite in modo variabile e prevalente da sabbie limose, limi, argille e torba;
- **UG2:** Terreni grossolani con granulometrie costituite in modo variabile e prevalente da ciottoli, ghiaie e sabbie.

Si riporta la caratterizzazione delle Unità Geotecniche identificate:

Unità geotecnica	Peso / volume	Densità relativa	Modulo di Young	Resistenza al taglio	
	γ_{nat} [kN/m ³]	Dr [%]	E [MPa]	ϕ [°]	c [kPa]
UG1	19.8	⁽⁷⁾ 28 (25 - 32)	⁽¹⁾ 16 (11 - 22)	⁽³⁾ 28 (27 - 29)	⁽⁴⁾ (11) 9 - 12
UG2	20.5	⁽⁷⁾ 50 (45 - 62)	⁽²⁾ 62 (58 - 74)	⁽⁶⁾ 37 (36 - 39)	⁽⁵⁾ 5 (4 - 6)

- NOTE ⁽¹⁾: valore medio tra valore caratteristico da SPT (11MPa) e valore da prova pressiométrica (22MPa)
- ⁽²⁾: valore caratteristico da SPT per sabbia e ghiaia sovraconsolidata; range riferito a 5° e 95° percentile
- ⁽³⁾: valore medio tra valore caratteristico da SPT (29°) e valore minimo da prove di taglio dir. (27°)
- ⁽⁴⁾: valore compreso tra valori min. (9kPa) e max. (12kPa) da prove di taglio diretto
- ⁽⁵⁾: valore da unica prova di taglio diretto (stima indicativa del range 4-6kPa)
- ⁽⁶⁾: valore compreso nel range definito da prova di taglio dir. (36°) e da valore caratteristico da SPT (39°)
- ⁽⁷⁾: valore caratteristico da prova SPT; range riferito a 5° e 95° percentile

Figura 11: Caratterizzazione geotecnica delle Unità Geotecniche

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 17 di 78</p>
--	---

I sondaggi hanno evidenziato la presenza dell'unità UG2 fino ad una profondità di 2 – 2.5 m dal p.c..

Pertanto, considerando che la fondazione dello scatolare è posta a circa 4 m dal p.c., nell'analisi strutturale dell'opera è stata considerata a favore di sicurezza esclusivamente la presenza dell'unità UG1 con i seguenti parametri geotecnici considerati nelle analisi:

γ_{terreno} [kN/m ³]	E_{terreno} [MPa]	Φ [°]	c' [kPa]
20	16	28	11

Tabella 3: Parametri geotecnici considerati nelle analisi

I piezometri installati nei sondaggi hanno evidenziato la presenza della falda ad una profondità di circa 2.5 m dal p.c..

Dai risultati delle indagini sismiche MASW, è stata definita una categoria di sottosuolo "C".

Per ulteriori informazioni sulla caratterizzazione geotecnica/geologica dell'area si rimanda alla relazione geologica e geotecnica.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 18 di 78</p>
--	---

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Per l'opera in oggetto vengono adottati i seguenti parametri per la definizione dell'azione sismica:

- Classe d'uso: IV
- Coefficiente d'uso: $CU = 2$
- Vita nominale: $V_n = 50$ anni
- Vita riferimento: $V_r = V_n \times C_u = 100$ anni
- Categoria di sottosuolo: C
- Categoria topografica: T1
- Fattore di struttura: $q = 1$
- Stato limite considerato: SLV

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.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 9.40113 LATITUDINE: 46.09560

Ricerca per comune REGIONE: Lombardia PROVINCIA: Sondrio COMUNE: Ardenno

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

km7.5

9378 9379
 -7.5 7.5
 9600 9601
 -7.5

Reticolo di riferimento

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

Interpolazione
 superficie rigata

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

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Figura 12: Dati di input (Fase 1) in "Spettri-NTCver.1.0.3"



Figura 13: Dati di input (Fase 2) in "Spettri-NTCver.1.0.3"

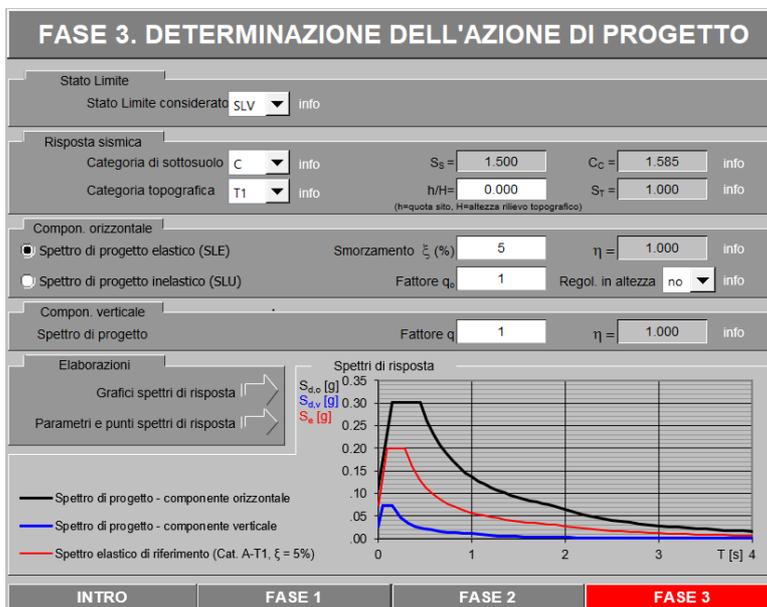


Figura 14: Dati di input (Fase 3) in "Spettri-NTCver.1.0.3"

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.053 g
F_0	2.746
T_C^*	0.297 s
S_S	1.500
C_C	1.567
S_T	1.000
q	0.800

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.016 g
S_S	1.000
S_T	1.000
q	1.000
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.250
T_B	0.155 s
T_C	0.466 s
T_D	1.811 s

Parametri dipendenti

F_v	0.851
S	1.000
η	1.000

Figura 15: Parametri spettro di risposta orizzontale (a sinistra) e verticale (a destra) - SLV

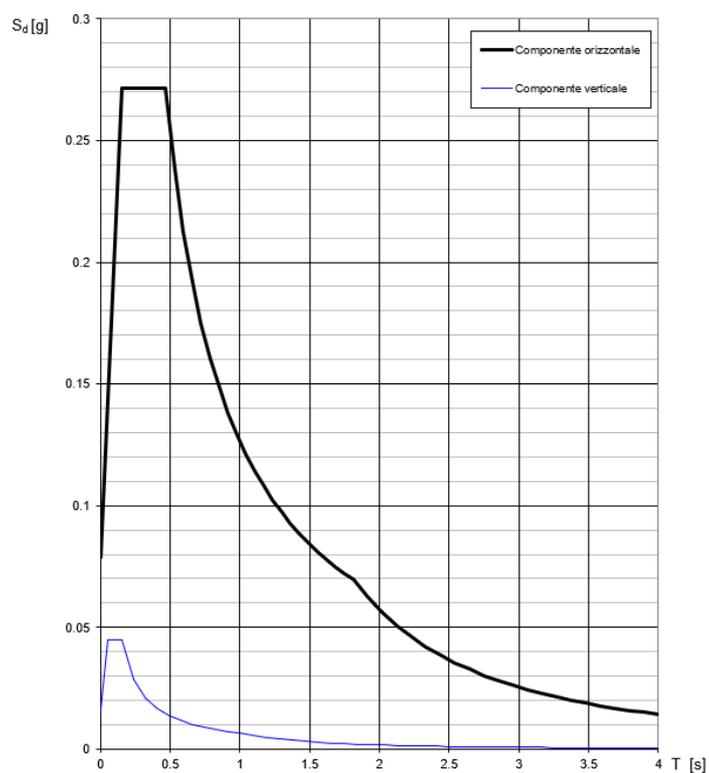


Figura 16: Spettri di risposta di progetto all'SLV

Si specifica che, come riportato nelle NTC18 (Par.3.2.3.1), essendo l'accelerazione al suolo $a_g < 0.15$ g verrà trascurata nelle analisi la componente verticale dell'accelerazione.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 21 di 78</p>
--	---

7 AZIONI DI PROGETTO

Di seguito viene presentato l'elenco delle azioni considerate e degli approcci progettuali adottati, in accordo con le disposizioni del DM 17.01.2018.

7.1 Peso proprio

Il peso proprio di ciascun elemento strutturale viene valutato con riferimento alle sue effettive dimensioni geometriche, considerando un peso specifico $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$.

Lo spessore considerato è pari a 50 cm sia per le solette che per i piedritti.

7.2 Carico da ricoprimento

Il ricoprimento al di sopra dello scatolare (comprendente anche lo strato di pavimentazione stradale) presenta spessore variabile tra un minimo di 30 cm ed un massimo di 45 cm.

Il carico da ricoprimento viene valutato cautelativamente considerando uno spessore di 45 cm, e un peso specifico per il cls magro di 24 kN/m^3 .

$$g_{K2} = \gamma_{\text{ricoprimento}} \cdot h = 24 \cdot 0.45 = 10.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Figura 17: Carico da ricoprimento [kN/m]

7.3 Spinta del terreno con falda

Per determinare la spinta del terreno sono stati adottati i parametri geotecnici riportati al Capitolo 5 con:

$$k_0 = 1 - \text{sen}\phi = 0.531$$

Il piano campagna è stato posto a 0.45 m al di sopra dell'estradosso della soletta superiore dello scatolare. La falda è stata posta a metà altezza del tombino, ovvero ad una profondità di 2.25 m dal p.c..

7.4 Spinta del canale

Lo scatolare è attraversato da un canale d'acqua. Nelle analisi si assume un'altezza massima del canale rispetto all'estradosso della soletta inferiore pari a 1.3 m (ovvero metà altezza del piedritto), il quale corrisponde con il livello considerato per la falda all'esterno dello scatolare.

Si calcola la massima pressione idrostatica del canale sui piedritti e sulla soletta inferiore come:

$$q_{canale} = H_{canale} * \gamma_{H20} = 1.3 \text{ m} * 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 13.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

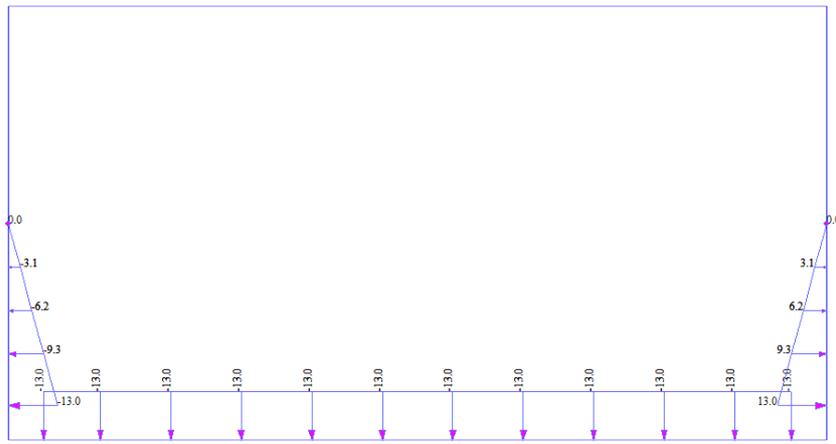


Figura 19: Spinta del canale [kN/m]

7.5 Carichi da traffico

Per la determinazione dei carichi da traffico è stata considerata a favore di sicurezza l'altezza minima del ricoprimento, pari a 30 cm.

7.5.1 Sovraccarichi verticali da traffico

Si considerano agenti sulla soletta superiore dello scatolare i carichi della corsia 1 dello Schema di carico 1, ovvero un carico uniformemente distribuito (UDL) di 9 kN/m², ed un carico tandem (TS) da 600 kN (150 kN per ogni ruota).



Figura 20: Carichi da traffico secondo NTC18 – Schema di carico 1

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 24 di 78</p>
--	---

Il carico TS è stato distribuito su una superficie determinata considerando cautelativamente un angolo di diffusione nel ricoprimento stradale pari a 30°, e un angolo di diffusione nella soletta di calcestruzzo pari a 45° (fino all'asse della soletta).

L'impronta di carico della singola ruota del tandem è di 40 cm x 40 cm e diffusa come sopra illustrato.

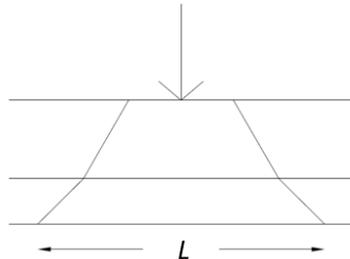


Figura 21 - Impronta di carico diffusa

Pertanto, considerando un singolo asse del tandem (300 kN) con interasse tra le ruote di 1.2 m nella direzione trasversale dello scatolare, risulta un'area di diffusione di 2.45 m x 1.25 m=3.05 m².

Il carico da tandem risulta essere:

$$q_{TS} = \frac{300 \text{ kN}}{3.05 \text{ m}^2} = 98.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Per massimizzare le azioni sollecitanti sui diversi elementi dello scatolare, sono state considerate tre posizioni limite per il carico TS:

- Un primo schema con il carico TS applicato alla mezzeria della soletta;
- Un secondo schema con il carico TS applicato all'appoggio (in questo secondo schema il carico viene posizionato in modo tale che il bordo dell'area di diffusione del carico coincida con l'asse del piedritto);
- Un terzo schema con il carico TS applicato sul terreno a tergo dei piedritti.

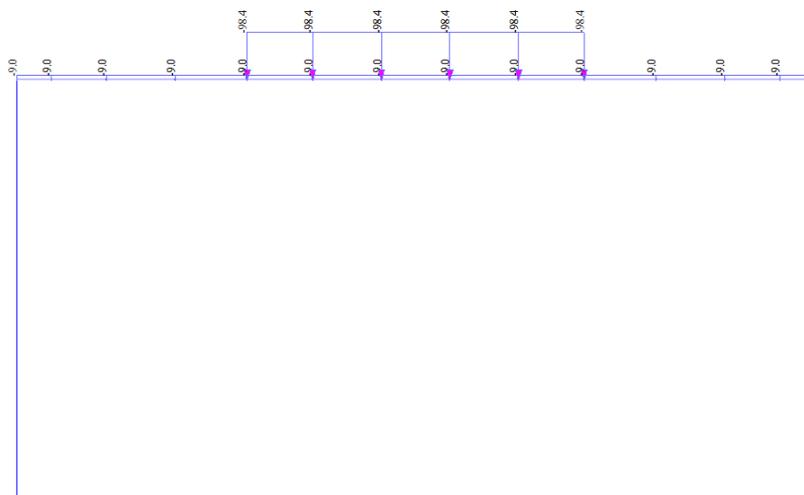


Figura 22: Sovraccarichi verticale da traffico con TS in mezzeria [kN/m]



Figura 23: Sovraccarichi verticale da traffico con TS all'appoggio [kN/m]

7.5.2. Sovraccarico laterale da traffico

Per la valutazione del sovraccarico agente sulle pareti laterali dello scatolare dato dal carico TS si utilizza la formulazione di Boussinesq.

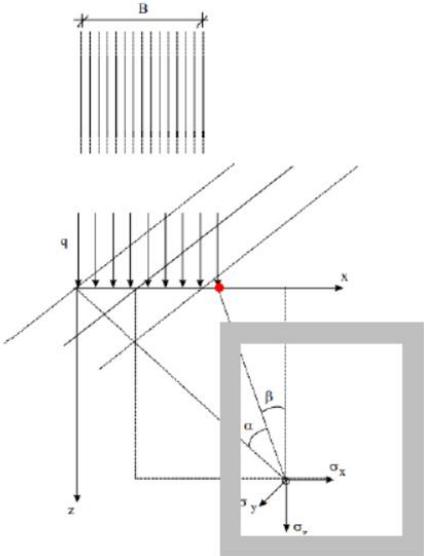


Figura 24: Formulazione di Boussinesq

L'idealizzazione considera la pressione associata all'asse del carico TS di 300kN complessivi, pari a 98.4 kN/m2.

In accordo con la soluzione derivata dal problema cardine di Boussinesq, le pressioni di interesse che nascono nel sottosuolo hanno la seguente formulazione:

$$\sigma_z = q\pi [\alpha + \sin\alpha \cdot \cos(\alpha + 2\beta)]$$

$$\sigma_x = q\pi[\alpha - \sin\alpha \cdot \cos(\alpha + 2\beta)]$$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 26 di 78</p>
--	---

Con:

$$\alpha = \arctan(xz) - \arctan(x - Bz)$$

$$\beta = \arctan(x - Bz)$$

Si riporta un la pressione calcolata con la formulazione di boussinesq lungo i piedritti:

z [m]	α [°]	σ_z [kPa]	σ_x [kPa]
0.55	77	53	39
0.74	73	53	34
0.93	69	52	30
1.23	63	51	24
1.53	58	50	19
1.86	53	48	15
2.16	49	46	12
2.46	45	44	10
2.76	42	42	8
3.06	39	40	6
3.65	34	36	4

Tabella 5: Sovraccarico laterale da traffico secondo la formulazione di boussinesq

In aggiunta al carico di boussinesq, si considera un ulteriore sovraccarico laterale causato dal carico distribuito UDL e pari a $9 \text{ kN/m}^2 \times k_0 = 4.7 \text{ kN/m}^2$.

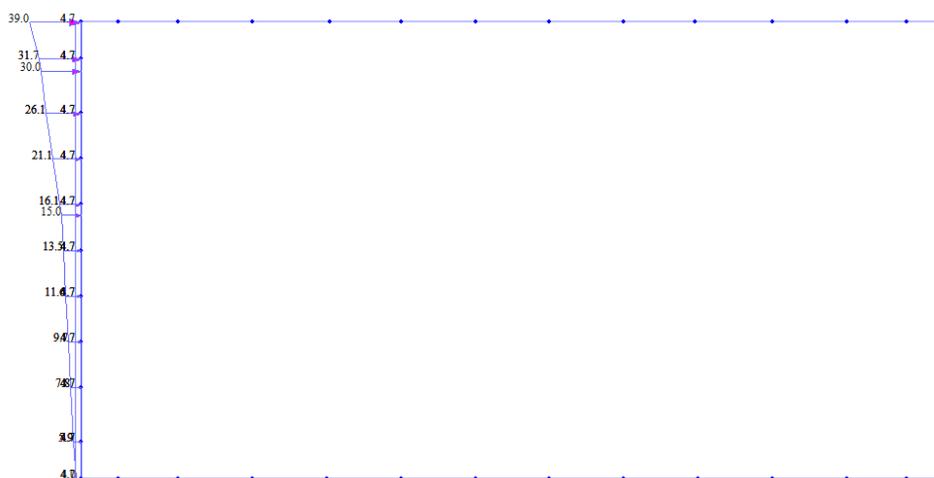


Figura 25: Sovraccarichi laterali da traffico [kN/m]

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 27 di 78</p>
--	---

7.5.3. Azione da frenatura

Per il calcolo della frenatura, è stato fatto riferimento al Capitolo 10 delle BS EN 1997- 1:2004.

La forza di frenatura orizzontale è pari alla minima fra quella definita da normativa e la massima forza trasmissibile per attrito sulla superficie:

$$Q_{BRAKE} = \min \{ Q_{braking}; F_{Attrito} \}$$

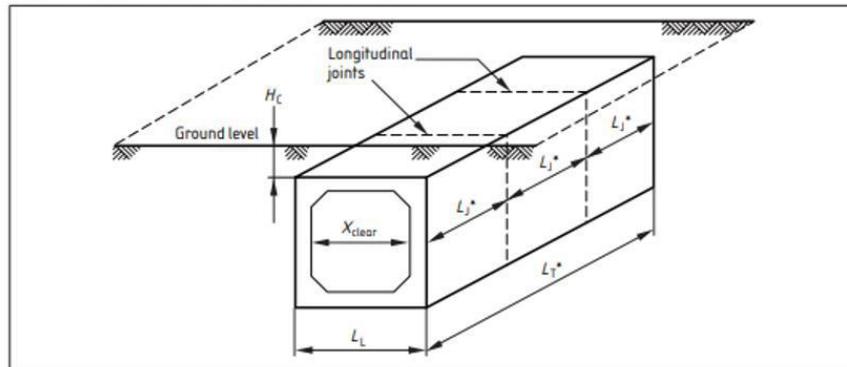


Figura 26: Azione di frenatura sullo scatolare

$$Q_{braking} = \begin{cases} 0.6 \cdot 600 \text{ kN} + 0.1 \cdot 3 \text{ m} \cdot 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot L_L & \text{se } H_C \leq 0.6 \text{ m} \\ \eta \cdot (0.6 \cdot 600 \text{ kN} + 0.1 \cdot 3 \text{ m} \cdot 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot L_L) & \text{se } H_C > 0.6 \text{ m} \end{cases}$$

$$\eta = \frac{L_L - H_C}{L_L - 0.6}$$

$$L_L \leq 15 \text{ m}$$

$$H_C \leq 11 \text{ m}$$

Per strutture con $H_C > L_L$ l'effetto della frenatura sulle strutture può essere ignorato (PD 6694-1:2011).

La forza di attrito $F_{Attrito}$ è calcolata considerando il peso del volume di terreno che insiste sull'area sulla quale agisce la frenatura:

$$A_{diff} = B \cdot L = (2 \cdot H_C \cdot \tan \Phi + 3 \text{ m} + 2 \cdot \frac{t_{top}}{2} \cdot \tan 45^\circ) \cdot L_L$$

$$F_{Attrito} = \gamma \cdot H_C \cdot \tan \Phi \cdot B \cdot L$$

Per determinare il carico da frenatura q_{brake} è stata distribuita la forza Q_{BRAKE} sulla superficie interessata, pari alla larghezza della corsia convenzionale 1 (3 m), per la lunghezza in direzione trasversale dello scatolare (6.3 m).

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 28 di 78</p>
--	---

In tabella si riassumono i calcoli effettuati:

H_c	0.30	m
ϕ	45°	-
t_{top}	0.50	m
L_L	6.3	m
$Q_{braking}$	377.0	kN
A_{diff}	18.9	m ²
$F_{attrito}$	174.5	kN
Q_{brake}	174.5	kN
q_{brake}	9.2	kN/m ²

Tabella 6: Parametri per carico da frenatura



Figura 27: Carico da frenatura [kN/m]

7.6 Carico da ritiro

Viene considerato il ritiro differenziato fra la soletta di fondazione, che viene coperta per cui ha una stagionatura più lenta, ed i piedritti e la soletta, che invece sono esposti all'ambiente.

L'ambiente di maturazione del calcestruzzo è un ambiente con umidità pari al 50% e un'altezza equivalente pari a:

$$A_c = 1.0 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} = 0.5 \text{ m}^2$$

$$u = 1.0 \text{ m}$$

$$h_0 = 2 \times A_c / u = 1.0 \text{ m}$$

quindi, con $h_0 > 500 \text{ mm}$ si ha:

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 29 di 78</p>
--	---

$$k_h = 0.7$$

$$\epsilon_{c0} = -0.00046$$

A tempo infinito quindi il ritiro da essiccamento è valutabile in:

$$\epsilon_{cd,\infty} = k_h \cdot \epsilon_{c0} = 0.7 \cdot (0.325) \cdot 10^{-3} = -0.000325$$

Mentre il ritiro autogeno è stimabile in:

$$\epsilon_{ca,\infty} = -2.5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = -0.000058$$

Il ritiro complessivo è quindi pari a:

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd,\infty} + \epsilon_{ca,\infty} = -0.000383$$

Il coefficiente di viscosità a 7 giorni vale:

$$\Phi(\infty, t_0 = 7gg) = 1.9$$

Il modulo elastico $E_\Phi = E / (1+\Phi)$ vale:

$$E_\Phi = 11601 \text{ MPa}$$

Le sollecitazioni di coazione che nascono valgono:

$$N_{rit} = A \cdot E_\Phi \cdot \epsilon = 0.5 \cdot 11601 \cdot (-0.000383) = -2221 \text{ N}$$

Ai fini dell'applicazione del carico nel modello, è stata sfruttata l'analogia con il carico termico equivalente, tramite l'equazione:

$$N_{temp} = N_{rit}$$

$$\Delta T \cdot \alpha_T \cdot E \cdot A = A \cdot \epsilon \cdot E / (1+\Phi)$$

$$\Delta T = -13.2^\circ \text{ C}$$

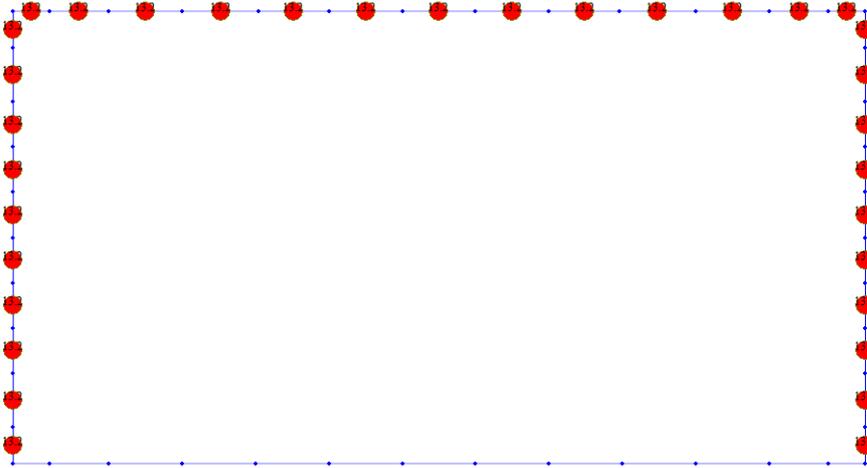


Figura 28: Carico da ritiro [°C]

7.7 Carico termico

Con riferimento alle NTC18, si considera per la variazione termica uniforme di opere in c.a. una variazione di temperatura pari a $\pm 15^{\circ}\text{C}$. La variazione di temperatura uniforme è da applicarsi sull'intero scatolare.

Per quanto riguarda invece la variazione termica non uniforme, è necessario considerare un gradiente di temperatura di 5°C tra estradosso ed intradosso della soletta. Il gradiente termico è da applicarsi sulla sola soletta superiore.

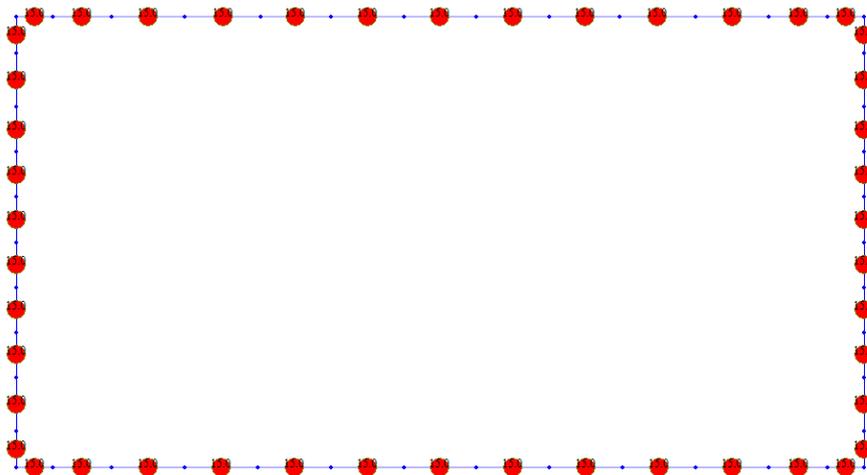


Figura 29: Carico termico uniforme [°C]

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 31 di 78</p>
--	---

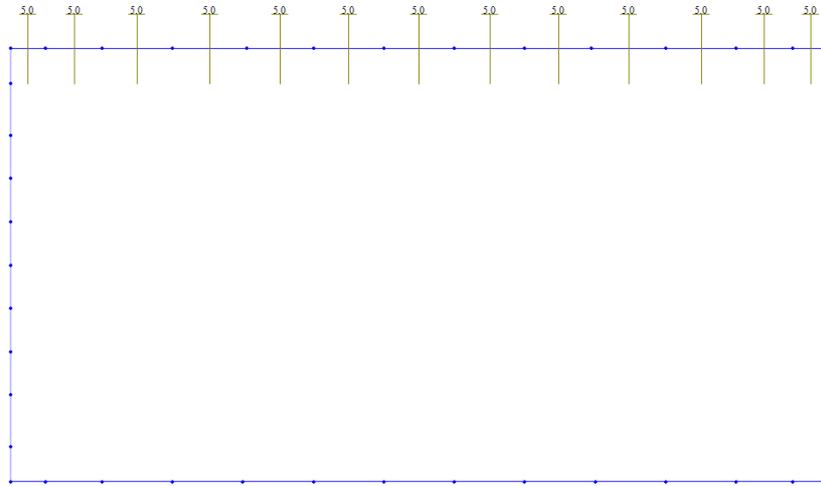


Figura 30: Carico termico non uniforme [°C]

7.8 Azioni sismiche

La vita nominale è pari a $V_N = 50$ anni. Alla classe d'uso IV si associa un coefficiente d'uso $C_u = 2$.

Di conseguenza, il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica V_R si assume pari a:

$$V_R = V_N \times C_u = 50 \times 2 = 100 \text{ anni}$$

Con riferimento alla probabilità di superamento dell'azione sismica, P_{V_R} , associata all'SLV e pari al 10%, si determina il periodo di ritorno T_R del sisma di progetto.

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = 1898 \text{ anni}$$

Per la caratterizzazione sismica del sito si rimanda a quanto già riportato nel capitolo 6.

L'azione sismica sulla struttura viene calcolata considerando un approccio pseudo-statico, ovvero applicando sulla struttura un carico statico equivalente che simula l'azione dinamica.

Per fare ciò, sulla base dei parametri sismici determinati nel capitolo 6, viene calcolato il coefficiente sismico orizzontale come:

$$k_H = \beta_m \cdot S \cdot a_{g,0} = 1 \cdot 1.5 \cdot 0.053 \text{ g} = 0.0795 \text{ g}$$

dove:

- β_m è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, che tiene conto della capacità dell'opera di subire spostamenti permanenti senza subire cadute di resistenza, conservativamente posto pari a 1;
- S è il prodotto tra il coefficiente topografico $S_t(1)$ ed il coefficiente stratigrafico $S_s(1.5)$;
- $a_{g,0}$ è l'accelerazione orizzontale su suolo rigido.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 32 di 78</p>
--	---

7.8.1. Forza inerziale

La forza d'inerzia che agisce sulla struttura è proporzionale alla massa della struttura e all'accelerazione sismica. Pertanto, essa viene calcolata come $k_h \times W$, dove W è il peso della struttura.

7.8.2. Sovrappinta sismica del canale

La sovrappinta sismica orizzontale causata dall'acqua del canale all'interno dello scatolare viene calcolata attraverso la formulazione di Westergaard come segue:

$$\Delta q_{canale,h} = \frac{7}{8} * k_H * \rho_w * \sqrt{H_w * z_w}$$

Dove:

- ρ_w è la densità dell'acqua assunta pari a 1 ton/m³;
- H_w è l'altezza dell'acqua del canale pari a 1.3 m;
- z_w è la profondità rispetto al pelo libero del canale.

Si ottengono le seguenti sovrappinte sismiche:

z_w [m]	$\Delta q_{canale,h}$ [kPa]
0	0.00
0.31	0.43
0.53	0.56
0.62	0.61
0.84	0.71
1.05	0.80
1.30	0.89

Tabella 7: Sovrappinta sismica del canale

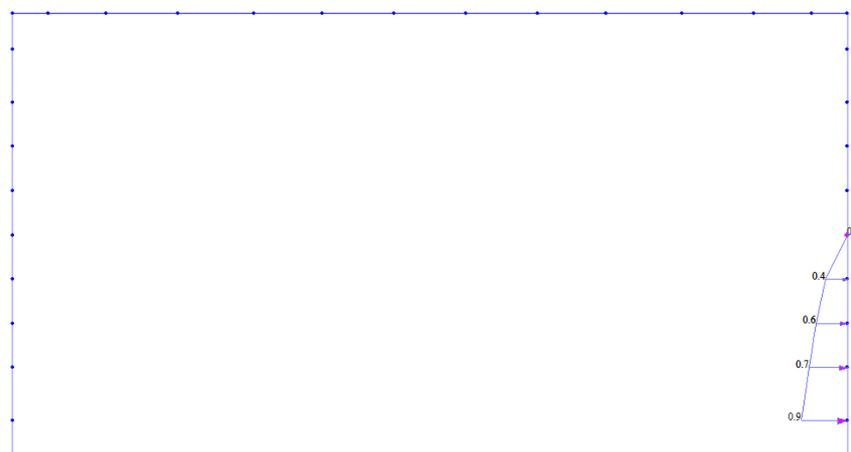


Figura 31: Sovrappinta sismica del canale [kN/m]

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 33 di 78</p>
--	---

7.8.3. Sovrappinta sismica del terreno

La sovrappinta del terreno a tergo dei piedritti dovuta all'azione sismica è stata determinata attraverso il metodo di Wood. Tale metodo risulta valido nell'ipotesi che la deformazione laterale del manufatto sia molto contenuta e che, di conseguenza, il terreno si trovi in fase elastica sia in condizioni statiche, sia durante il sisma.

$$\Delta q_{Wood} = k_H * \gamma_{rilevato} * H = 0.0795 * 20 \frac{kN}{m^3} * 3.1 m = 4.9 \frac{kN}{m^2}$$

In aggiunta alla sovrappinta del terreno, è stata considerata anche la sovrappinta data dalla falda e determinata mediante la formulazione di westergaard come riportato al paragrafo precedente (con $H_w=1.55$).

Si ottengono le seguenti sovrappinte sismiche della falda:

z_w [m]	$\Delta q_{canale,h}$ [kPa]
0	0.00
0.26	0.43
0.52	0.61
0.78	0.75
1.03	0.86
1.29	0.97
1.55	1.06

Tabella 8: Sovrappinta sismica della falda

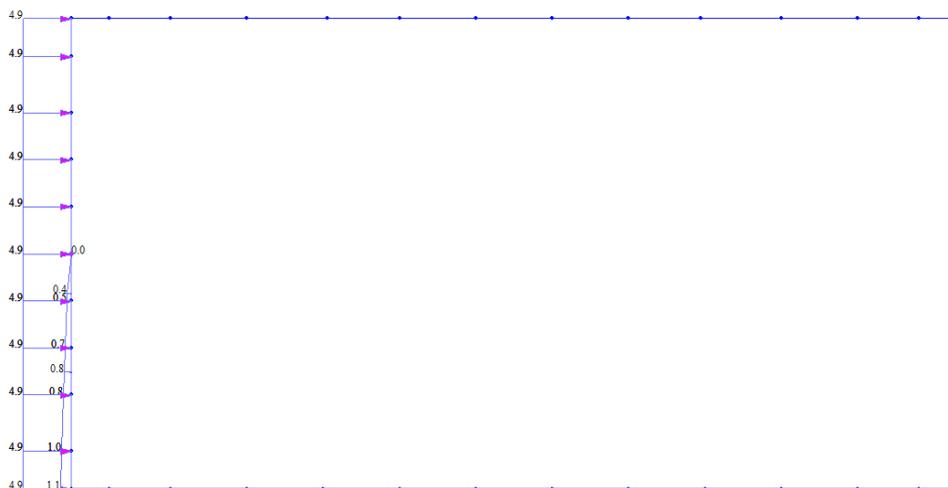


Figura 32: Sovrappinta sismica del terreno + falda [kN/m]

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 34 di 78</p>
--	---

8 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico da considerare per i diversi stati limite sono definite al par. 2.5.3 delle NTC 2018.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.6]

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

dove:

G: azioni permanenti da peso proprio delle strutture, incluso il peso del terreno e le azioni da esso derivanti, quali le spinte (G_1); azioni permanenti da peso proprio di elementi non strutturali (G_2); ritiro; spostamenti e deformazioni impresse; presollecitazione (P);

Q: azioni variabili: sovraccarichi, inclusa la neve; azioni del vento; azioni della temperatura;

A: azioni eccezionali;

E: azioni sismiche;

γ_G, γ_Q : coefficienti parziali per le azioni;

ψ : coefficienti di combinazione.

Si riportano i coefficienti parziali di sicurezza (γ) e di combinazione (ψ) considerati per i diversi carichi.

Si specifica che le azioni da traffico sono state considerate secondo i gruppi di carico 1 e 2 definiti nella Tab.5.1.IV delle NTC18, assumendo in via conservativa come coefficiente ψ_0 e ψ_1 del carico UDL lo stesso coefficiente del carico TS, ovvero 0.75.

		γ	ψ_0	ψ_2	ψ_2
Carichi permanenti G1, G2 e G3	Fav	1	-	-	-
	Sfav	1.35			
Spinta del canale	Fav	0	0	0	0
	Sfav	1.35	1	1	1
Carichi da traffico	Fav	0	0.75	0.75	0
	Sfav	1.35			

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 35 di 78</p>
--	---

Ritiro	Fav	0	1	1	1
	Sfav	1.2			
Carichi termici	Fav	0	0.6	0.6	0.5
	Sfav	1.5			

Tabella 9: Coefficienti parziali di sicurezza e di combinazione adottati

In tutto sono state considerate 340 combinazioni di carico, di cui 144 allo SLU, 16 allo SLV, 144 allo SLE Rara, 28 allo SLE Frequente e 8 allo SLE Quasi permanente.

Tutte le combinazioni di carico considerate sono elencate nel Capitolo 12.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 36 di 78</p>
--	---

9 MODELLO DI CALCOLO

Al fine di determinare le sollecitazioni agenti sulla struttura si è fatto ricorso ad un modello agli elementi finiti con il codice di calcolo:

MIDAS Gen 2022 v.2.1

Produttore: MIDAS IT Co., Ltd

Si sono eseguite analisi elastiche statiche lineari per quanto concerne i carichi agenti sulla struttura e pseudo-statiche per valutare l'azione sismica.

9.1 Descrizione del modello

Il modello FEM del tombino scatolare è un modello 2D realizzato con elemento "beam" di larghezza unitaria.

Sia le solette che i piedritti hanno spessore 50 cm. La soletta inferiore è realizzata su un letto di molle alla Winkler, al fine di rappresentare l'interazione terreno-struttura

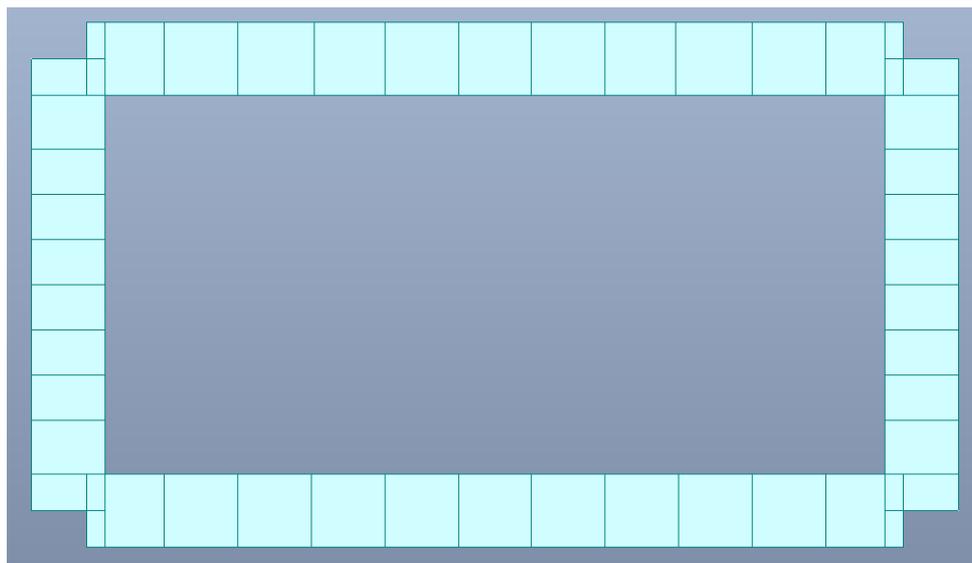


Figura 33: Modello FEM

Il terreno è dunque stato simulato mediante l'impiego di molle verticali non lineari del tipo "Compression only".

Per il calcolo della costante di rigidità k_v è stata utilizzata la formulazione di Bowles:

$$k_v = \frac{E_t}{B(1 - \nu^2)c_t}$$

con:

- B larghezza della fondazione;
- L lunghezza complessiva della fondazione;
- ν e E_t sono il coefficiente di Poisson ed il modulo elastico del terreno;

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 37 di 78</p>
--	---

- c_t è il coefficiente di forma della fondazione ottenuto attraverso la seguente formulazione:

$$c_t = 0.853 + 0.534 \cdot \ln\left(\frac{L}{B}\right)$$

valida per $L/B < 10$.

Poiché anche a tergo dei piedritti è presente il terreno, sono state inserite delle molle del tipo “Compression only” su di essi, calcolandone rigidità secondo la seguente formulazione:

$$k_h = \frac{E_t}{B(1 - \nu^2)}$$

In tabella si riporta il valore delle rigidità impiegate.

L	12	m
B	6.3	m
L/B	1.9	-
E	16000	kPa
ν	0.3	-
c_t	1.2	-
k_v fond	9768	kN/m ³
k_h piedritti	2331	kN/m ³

Tabella 10 : Molle alla Winkler

9.2 Validazione del modello

Al fine di valutare la correttezza del modello sviluppato, è stato svolto un controllo sulle reazioni vincolari dei casi di carico più significativi. Poiché la differenza percentuale tra il calcolo effettuato a mano e quello del modello è inferiore o uguale al 5%, si può ritenere affidabile il modello.

Carico	Reale [kN]	Modello [kN]	Δ	CHECK
Peso proprio	222.5	216.25	2.7%	ok
Permanente	62.64	62.64	0%	ok
Traffico TS + UDL	293.28	293.28	0%	ok

Tabella 11 : Reazioni alla base

9.3 Risultati dell'analisi

Vengono riportati i risultati delle sollecitazioni sugli elementi strutturali dello scatolare in seguito all'applicazione delle combinazioni di carico riportate al Capitolo 8. Si riportano gli involuipi delle sollecitazioni per le combinazioni SLU, SLV e SLE adottando le seguenti convenzioni di segno:

- Azione assiale positiva di trazione;
- Momento flettente positivo tende le fibre di intradosso delle solette e le fibre lato terreno nei piedritti.

9.3.1. Risultati a SLU

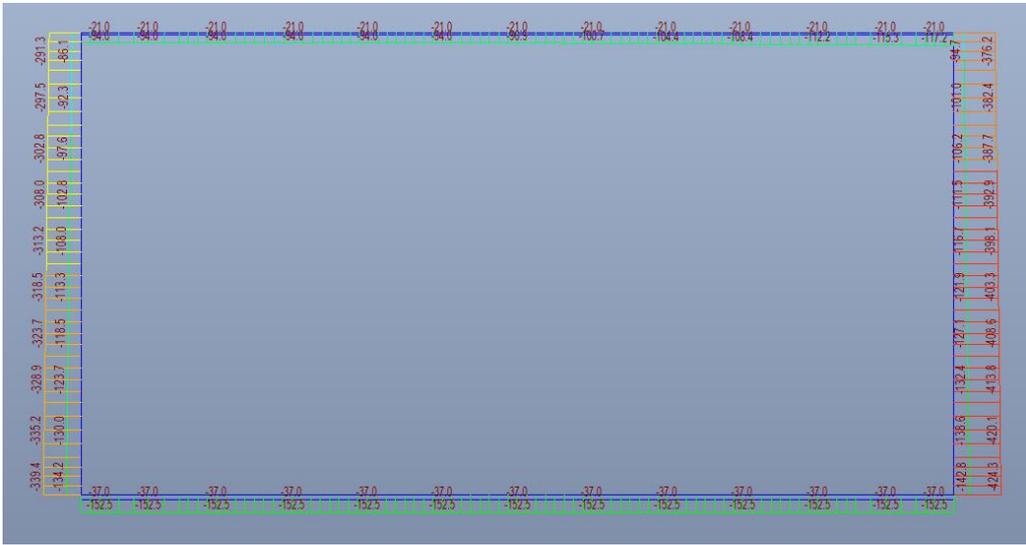


Figura 34: Involuppo SLU Azione assiale [kN]

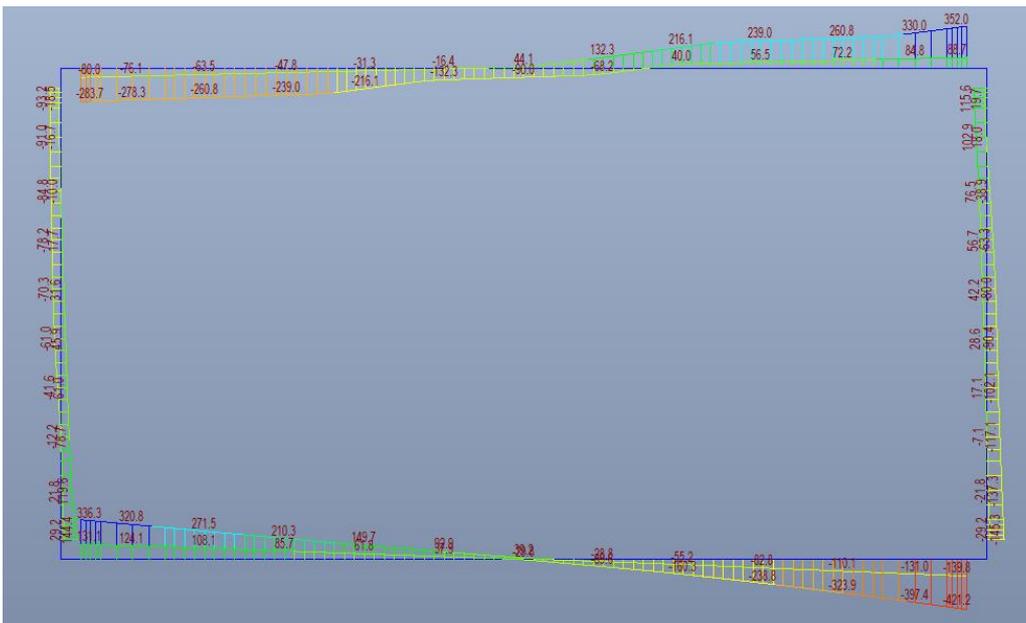


Figura 35: Involuppo SLU Taglio [kN]

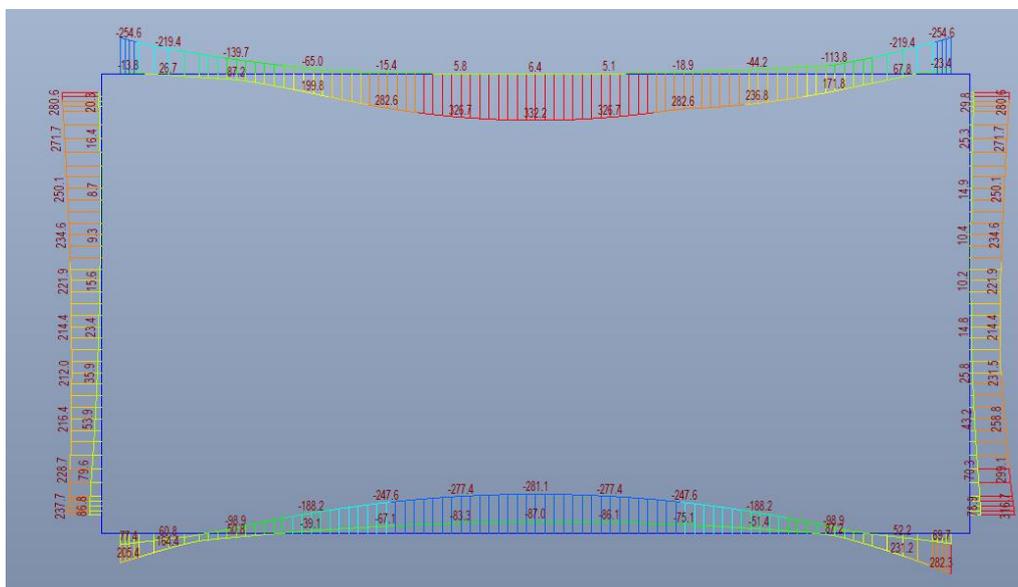


Figura 36: Involucro SLU Momento flettente [kNm]

9.3.2. Risultati a SLV

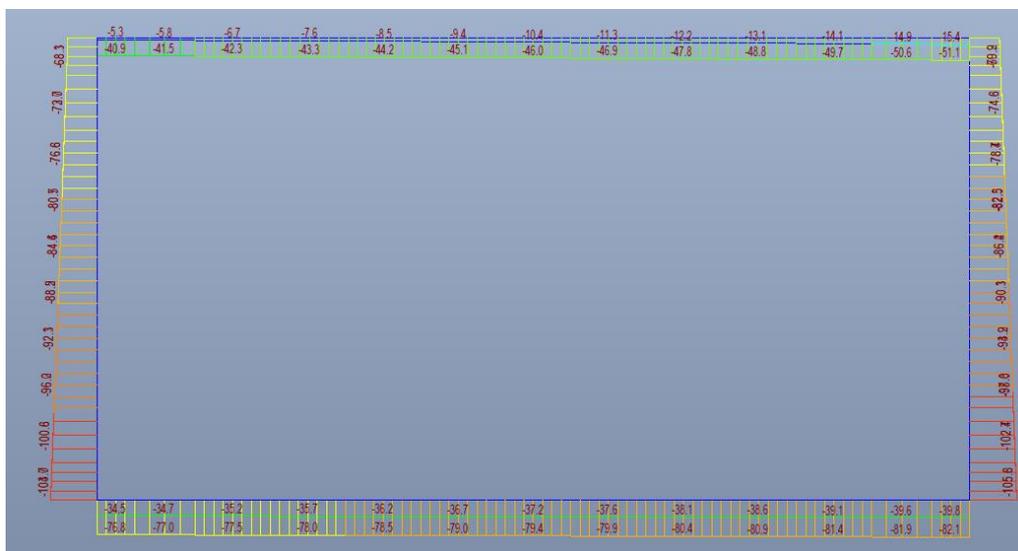


Figura 37: Involucro SLV Azione assiale [kN]

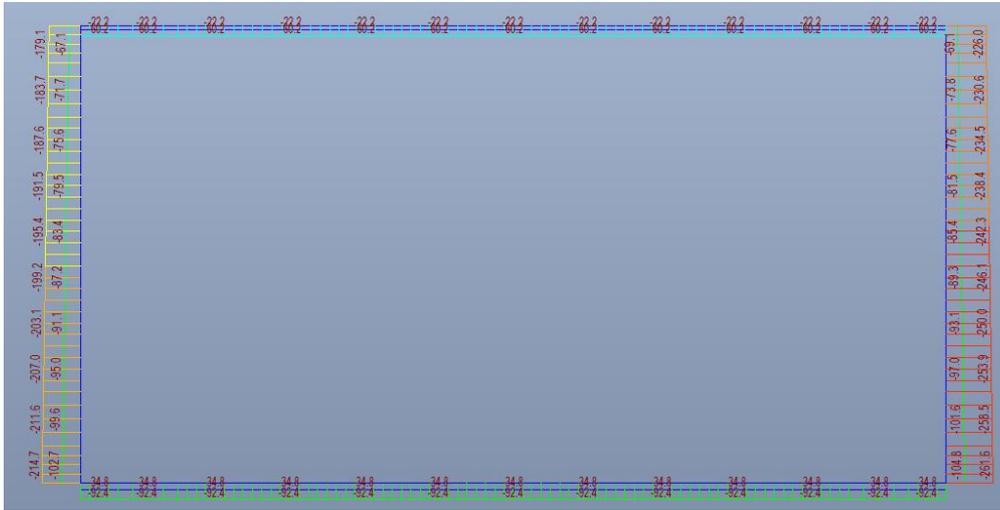


Figura 42: Involuppo SLE frequente Azione assiale [kN]

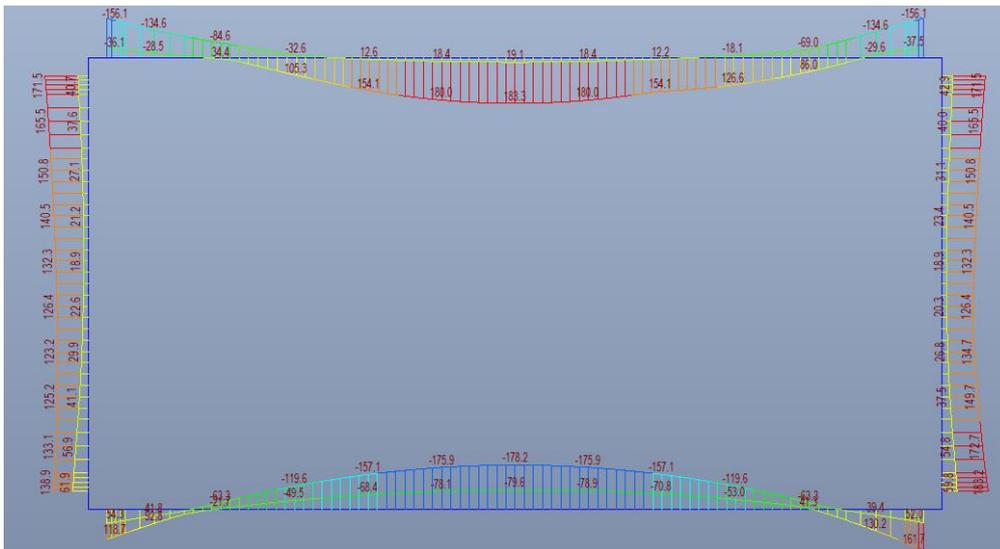


Figura 43: Involuppo SLE frequente Momento flettente [kNm]

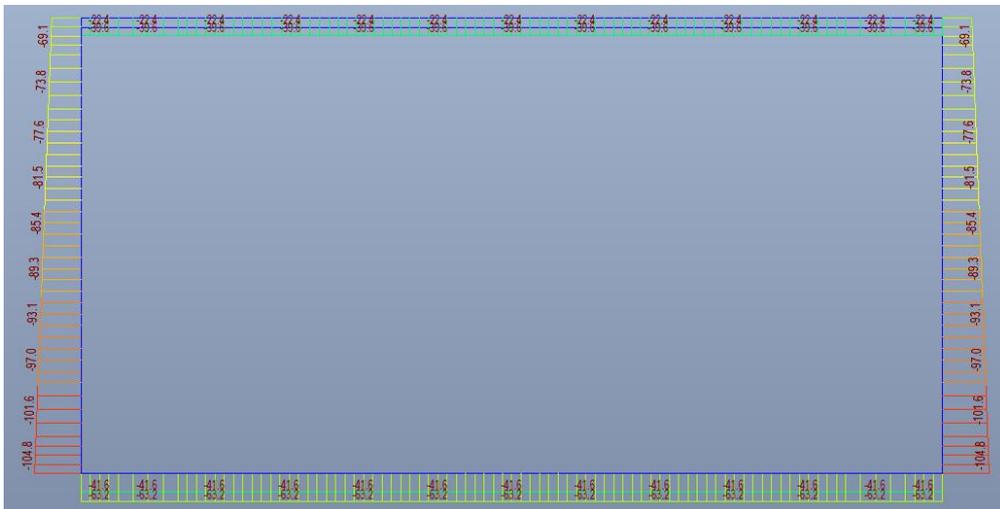


Figura 44: Involuppo SLE quasi permanente Azione assiale [kN]

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 44 di 78</p>
--	---

Sezione	N max [kN]	M max [kNm]	N max [kN]	M min [kNm]
Soletta superiore - appoggio	-16.7	47.3	-16.7	-162.2
Soletta superiore - mezzeria	-16.7	244.3	-16.7	6.3
Piedritto - estremo superiore	-68.4	200.9	-68.4	14.8
Piedritto - mezzeria	-76.1	163.3	-76.1	8.3
Piedritto - estremo inferiore	-96.3	221.4	-96.3	50.9
Soletta fondazione - appoggio	-28.0	170.9	-28.0	37.4
Soletta fondazione - mezzeria	-28.0	-64.8	-28.0	-209.3

Tabella 14 - Azioni di verifica a SLE Rara

Sezione	N max [kN]	M max [kNm]	N max [kN]	M min [kNm]
Soletta superiore - appoggio	-22.2	-28.5	-22.2	-134.6
Soletta superiore - mezzeria	-22.2	183.3	-22.2	19.1
Piedritto - estremo superiore	-71.7	165.5	-71.7	37.6
Piedritto - mezzeria	-83.4	132.3	-83.4	18.9
Piedritto - estremo inferiore	-99.6	172.7	-99.6	54.8
Soletta fondazione - appoggio	-34.8	130.2	-34.8	39.4
Soletta fondazione - mezzeria	-34.8	-79.6	-34.8	-178.2

Tabella 15 - Azioni di verifica a SLE Frequente

Sezione	N max [kN]	M max [kNm]	N max [kN]	M min [kNm]
Soletta superiore - appoggio	-22.4	-31.8	-22.4	-59.9
Soletta superiore - mezzeria	-22.4	50.0	-22.4	21.9
Piedritto - estremo superiore	-73.8	66.6	-73.8	42.3
Piedritto - mezzeria	-85.4	44.5	-85.4	25.6
Piedritto - estremo inferiore	-101.6	58.2	-101.6	56.8
Soletta fondazione - appoggio	-41.6	46.7	-41.6	40.3
Soletta fondazione - mezzeria	-41.6	-81.7	-41.6	-86.4

Tabella 16 - Azioni di verifica a SLE Quasi permanente

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 45 di 78</p>
--	---

10 VERIFICHE

Si riportano di seguito i metodi per le principali verifiche di resistenza allo SLU, e di esercizio allo SLE, utilizzati per il dimensionamento degli elementi strutturali in questione. Nei paragrafi successivi verranno specificate le verifiche sulle singole sezioni.

10.1 VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO SLU: PRESSOFLESSIONE

La verifica delle sezioni viene eseguita secondo il metodo degli stati limite basato sulle seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane
- Calcestruzzo non resistente a trazione
- Perfetta aderenza acciaio-calcestruzzo

Deve risultare:

$$M_{Ed} < M_{Rd}$$

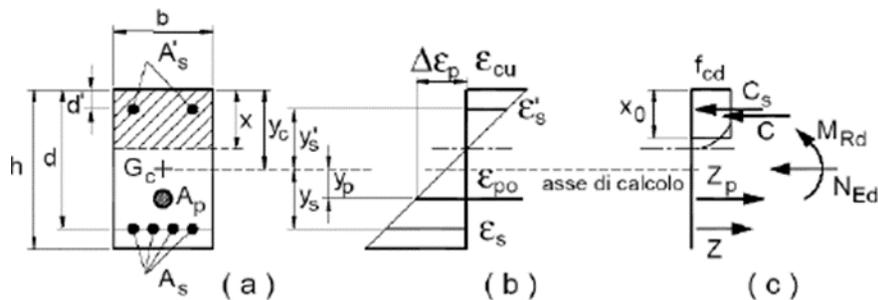


Figura 46: Momento resistente M_{Rd}

10.2 VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO SLU: TAGLIO

Le azioni taglianti allo SLU possono essere tali da richiedere armatura aggiuntiva specifica nelle sezioni di maggiore sollecitazione. Per la verifica di resistenza allo SLU si pone $V_{Rd} > V_{Ed}$

La resistenza a taglio senza armatura specifica risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Dove:

- $v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$
- $k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$
- $\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d)$
- d = altezza utile della sezione
- b_w = larghezza minima della sezione

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 46 di 78</p>
--	---

Se tale valore risulta inferiore al taglio sollecitante nelle sezioni di verifica, occorre predisporre dell'armatura specifica per il taglio. La resistenza a taglio di progetto è la minore tra la resistenza a taglio-trazione V_{Rsd} e la resistenza a taglio-compressione V_{Rcd} .

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2\theta)$$

10.3 Verifiche di esercizio allo SLE: tensioni d'esercizio

La massima tensione di compressione nel calcestruzzo deve rispettare le seguenti limitazioni:

- $\sigma_c < 0.60 f_{ck} = 19.92 \text{ MPa}$, per combinazione caratteristica
- $\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa}$, per combinazione quasi permanente

La tensione massima dell'acciaio deve rispettare la seguente limitazione:

- $\sigma_s < 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$, per combinazione caratteristica

10.4 Verifiche di esercizio allo SLE: Fessurazione

Nella tabella sottostante sono riportate le condizioni ambientali corrispondenti alle varie classi di esposizione.

Lo scatolare risulta essere in condizioni ambientali molto aggressive per quanto riguarda la soletta superiore (XF4); i piedritti si assumono in condizioni ambientali aggressive (XF2), mentre la fondazione è in classe di esposizione ordinaria (XC2).

Pertanto, l'apertura limite per la condizione SLE frequente di soletta superiore e piedritti è pari rispettivamente a $w_1 = 0.2 \text{ mm}$ e $w_2 = 0.3 \text{ mm}$, mentre quella della fondazione è pari a $w_3 = 0.4 \text{ mm}$.

L'apertura limite per la condizione SLE quasi permanente di soletta superiore e piedritti è pari a $w_1 = 0.2 \text{ mm}$, mentre quella della fondazione è pari a $w_2 = 0.3 \text{ mm}$.

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 17: Classe di esposizione

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

Tabella 18: Apertura limite fessure

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 47 di 78</p>
--	---

10.5 Verifica delle sezioni

Si riportano di seguito le verifiche dei principali elementi strutturali nel seguente ordine:

- Soletta superiore
- Piedritti
- Soletta di fondazione

Le verifiche a pressoflessione, tensionali e di fessurazione sono state eseguite con l'ausilio del software Rc-Sec (Geostru), mentre le verifiche a taglio sono state condotte mediante fogli Excel opportunamente implementati.

Si specifica che nelle seguenti verifiche a pressoflessione, un'azione assiale di compressione ha segno positivo.

10.5.1. Soletta superiore

Vengono nel seguito riportate le verifiche allo SLU e allo SLE della soletta superiore.

L'armatura considerata è la seguente:

	Armatura trasversale	
	Intradosso	Estradosso
Sezione di mezzeria	$\phi 16/20 + \phi 20/20$	$\phi 16/20$
Sezione di incastro	$\phi 16/20$	$\phi 16/10$

Tabella 19: Armatura principale soletta superiore

La soletta è armata con barre $\phi 12/20$ in direzione secondaria su entrambi i lati, poste esternamente all'armatura principale.

Inoltre, è presente un'armatura a taglio realizzata con spilli $\phi 12/20 \times 40$ per un tratto di estensione pari a 1.8 m a partire dal filo interno dei piedritti.

SOLETTA SUPERIORE – SEZIONE DI MEZZERIA

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Tipologia sezione:	Rettangolare
Forma della sezione:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Molto aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Comb. non sismiche
Riferimento alla sismicità:	

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 48 di 78</p>
--	---

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	210000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.0 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	50.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16 + 5Ø20	(25.8 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.5	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.5	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm ²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	21.00	332.20	21.06	405.53	1.221	42.9	0.17	0.70	35.8 (7.6)
2	S	21.00	6.40	21.06	405.53	61.392	42.9	0.17	0.70	35.8 (7.6)

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 49 di 78</p>
--	---

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	8.40	50.0	0.00	35.7	-249.5	42.5	11.9	1191	25.8	9.4
2	S	0.23	50.0	0.00	29.1	-3.6	42.5	9.7	975	25.8	9.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	6.32	50.0	0.00	35.6	-185.4	42.5	11.9	1187	25.8	9.4
2	S	0.68	50.0	0.00	33.1	-15.7	42.5	11.1	1108	25.8	9.4

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

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00112	0.00045	0.50	0.60	0.000530 (0.000530)	367	0.194 (0.20)	155.31
2	S	-0.00010	0.00005	0.50	0.60	0.000045 (0.000045)	357	0.016 (0.20)	170.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.74	50.0	0.00	34.9	-47.5	42.5	11.6	1164	25.8	9.4
2	S	0.78	50.0	0.00	33.5	-18.5	42.5	11.2	1120	25.8	9.4

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00029	0.00012	0.50	0.40	0.000136 (0.000136)	364	0.049 (0.20)	159.64
2	S	-0.00011	0.00006	0.50	0.40	0.000053 (0.000053)	359	0.019 (0.20)	167.87

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 50 di 78</p>
--	---

SOLETTA SUPERIORE – SEZIONE DI INCASTRO

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9 MPa	
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	210000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	360.0 MPa	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	50.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø16	(20.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.5	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.5	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 51 di 78</p>
--	---

Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.

x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45

C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	21.00	67.80	21.11	184.56	2.726	44.2	0.14	0.70	30.2 (7.6)
2	S	21.00	-219.40	21.03	-324.36	1.478	6.4	0.15	0.70	30.2 (7.6)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata

Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])

Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)

Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])

Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)

Ss min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]

Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)

Dw Eff. Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre

Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)

As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.29	50.0	0.00	40.1	-112.6	42.5	13.4	1336	10.1	21.3
2	S	6.11	0.0	0.00	13.0	-208.4	7.5	12.3	1234	20.1	9.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.10	0.0	0.00	14.6	-32.0	7.5	11.9	1187	20.1	9.4
2	S	5.08	0.0	0.00	13.1	-170.9	7.5	12.3	1230	20.1	9.4

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

Ver Esito verifica

e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata

e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata

K2 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC

Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2

e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = $0.6 Ss/Es$

srm Distanza massima in mm tra le fessure

wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.

M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00019	0.00008	0.50	0.60	0.000091 (0.000091)	388	0.035 (0.20)	-159.43
2	S	-0.00102	0.00036	0.50	0.60	0.000488 (0.000488)	394	0.192 (0.20)	-151.15

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.23	0.0	0.00	14.4	-36.2	7.5	11.9	1192	20.1	9.4
2	S	2.27	0.0	0.00	13.5	-73.0	7.5	12.2	1216	20.1	9.4

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 52 di 78</p>
--	---

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00022	0.00009	0.50	0.40	0.000104 (0.000104)	389	0.040 (0.20)	-158.37
2	S	-0.00044	0.00016	0.50	0.40	0.000209 (0.000209)	392	0.082 (0.20)	-153.87

VERIFICA A TAGLIO

Geometria della sezione			
Base	b	1000	mm
Altezza	h	500	mm
Altezza utile	d	423	mm
Area	Ac	500000	mm ²
Copriferro	c	55	mm
Distanza asse barra-bordo inf	c1	75	mm
Distanza asse barra-bordo sup	c2	77	mm
Resistenza cilindrica caratteristica cls	fck	33.2	MPa
Coefficiente parziale di sicurezza cls	γc	1.5	-
Coeff. riduttivo resistenze di lunga durata	αcc	0.85	-
Resistenza di calcolo a compressione cls	fcd	18.81	MPa
Diametro barre secondarie	Φ	0	mm
Armatura inferiore			
Numero barre	n.	5	0
Diametro barre	Φ	16	0
Area armatura tesa	As	1005.3	mm ²
Rapporto geometrico di armatura	ρ	0.238	%
Armatura superiore			
Numero barre	n.	5	5
Diametro barre	Φ	20	16
Area armatura compressa	As	2576.1	mm ²
Rapporto geometrico di armatura	ρ	0.609	%
Armatura a taglio			
Numero bracci	nb	2.5	0
Diametro staffe	Φ	12	0
Passo longitudinale	s	200	200
Area staffe/mm	Asw/s	1.414	mm ² /mm
Inclinazione	α	90	°

Azioni interne di verifica		NEd	VED
		kN	kN
ENV_SLU/SLV		-21.0	330.0
Verifica di resistenza a taglio (senza armature trasversali)			
Coefficiente k	k	1.69	-
Resistenza a taglio unitaria minima del cls	vmin	0.44	MPa
Tensione media di compressione nel cls	σcp	0.042	MPa
Rapporto geometrico di armatura longitudinale	pl	0.0024	-
Resistenza a taglio del solo cls	Vrd,c	173.2	kN
Resistenza minima	Vrd,c,min	189.7	kN
Resistenza al taglio	Vrd	189.7	kN
Fattore di sicurezza	Fs	0.57	-
NO			
Verifica di resistenza a taglio (con armature trasversali)			
Inclinazione armatura a taglio	cotα	0.0	-
Inclinazione bielle compresse	θ	21.80	°
Inclinazione bielle compresse	cotθ	2.50	-
Tensione caratteristica di snervamento	fyk	450	MPa
Coeff. parziale di sicurezza acciaio	γs	1.15	-
Resistenza di calcolo acciaio	fyd	391.3	MPa
Resistenza a compressione ridotta cls	f'cd	9.4	MPa
	σcp/fcd	0.00	-
Coefficiente maggiorativo	αc	1.00	-
Resistenza di calcolo a 'taglio trazione' dell'armatura	V_Rsd	526.5	kN
Resistenza di calcolo a 'taglio compressione' del cls d'anir	V_Rcd	1237.6	kN
Resistenza al taglio di progetto	V_Rd	526.5	kN
Fattore di sicurezza	Fs	1.60	-
OK			

Figura 47: Verifica a taglio della soletta superiore (SLU)

10.5.2. Piedritti

Vengono nel seguito riportate le verifiche allo SLU e allo SLE dei piedritti.

L'armatura considerata è la seguente:

	Armatura trasversale	
	Lato terreno	Lato interno
Sezione superiore di incastro	φ16/10	φ16/20
Sezione di mezzeria	φ16/10	φ16/20
Sezione inferiore di incastro	φ16/10	φ16/20

Tabella 20: Armatura principale piedritti

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 53 di 78</p>
--	---

I piedritti sono armati con barre $\phi 12/20$ in direzione secondaria su entrambi i lati, poste esternamente all'armatura principale.

Non sono presenti armature specifiche per il taglio.

PIEDRITTI – SEZIONE PIU' SOLLECITATA

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	210000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta 1 * \beta 2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta 1 * \beta 2$:	0.50
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.0 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	50.0	cm
Barre inferiori:	10 ϕ 16	(20.1 cm ²)
Barre superiori:	5 ϕ 16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.5	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.5	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 54 di 78</p>
--	---

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.2.1.2.1 NTC; deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm ²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	92.30	299.10	92.13	338.97	1.133	43.5	0.15	0.70	30.2 (7.6)
2	S	92.30	10.20	92.13	338.97	31.441	43.5	0.15	0.70	30.2 (7.6)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	8.39	50.0	0.00	36.6	-273.4	42.5	12.2	1220	20.1	9.4
2	S	0.32	50.0	0.00	9.5	-0.3	42.5	3.2	323	20.1	9.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	6.56	50.0	0.00	36.4	-208.8	42.5	12.1	1213	20.1	9.4
2	S	0.72	50.0	0.00	26.9	-9.2	42.5	9.0	901	20.1	9.4

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

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00125	0.00047	0.50	0.60	0.000597 (0.000597)	392	0.234 (0.30)	154.42
2	S	-0.00006	0.00005	0.50	0.60	0.000026 (0.000026)	350	0.009 (0.30)	218.02

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 55 di 78</p>
--	---

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.56	50.0	0.00	34.9	-69.5	42.5	11.6	1162	20.1	9.4
2	S	0.99	50.0	0.00	30.1	-16.8	42.5	10.0	1003	20.1	9.4

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00042	0.00018	0.50	0.40	0.000199 (0.000199)	385	0.076 (0.20)	164.24
2	S	-0.00011	0.00007	0.50	0.40	0.000048 (0.000048)	364	0.017 (0.20)	196.23

VERIFICA A TAGLIO

Geometria della sezione				
Base	b	1000	mm	
Altezza	h	500	mm	
Altezza utile	d	425	mm	
Area	Ac	500000	mm ²	
Copriferro	c	55	mm	
Distanza asse barra-bordo inf	c1	75	mm	
Distanza asse barra-bordo sup	c2	75	mm	
Resistenza cilindrica caratteristica cls	fck	33.2	MPa	
Coefficiente parziale di sicurezza cls	γc	1.5	-	
Coeff. riduttivo resistenze di lunga durata	αcc	0.85	-	
Resistenza di calcolo a compressione cls	fcd	18.81	MPa	
Diametro barre secondarie	Φ	12	mm	
Armatura inferiore				
Numero barre	n.	5	0	-
Diametro barre	Φ	16	0	mm
Area armatura tesa	As	1005.3	mm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ	0.237	%	
Armatura superiore				
Numero barre	n.	5	5	-
Diametro barre	Φ	16	16	mm
Area armatura compressa	As	2010.6	mm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ	0.473	%	
Armatura a taglio				
Numero bracci	nb	2.5	0	-
Diametro staffe	Φ	0	0	mm
Passo longitudinale	s	200	200	mm
Area staffe/mm	Asw/s	0.000	mm ² /mm	
Inclinazione	α	90	°	

Azioni interne di verifica		N _{Ed}	V _{Ed}
		kN	kN
ENV_SLU/SLV		-92.3	137.3
Verifica di resistenza a taglio (senza armature trasversali)			
Coefficiente k	k	1.69	-
Resistenza a taglio unitaria minima del cls	v _{min}	0.44	MPa
Tensione media di compressione nel cls	σ _{cp}	0.1846	MPa
Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ _l	0.0024	-
Resistenza a taglio del solo cls	V _{rd,c}	182.7	kN
Resistenza minima	V _{rd,c,min}	199.4	kN
Resistenza al taglio	V _{rd}	199.4	kN
Fattore di sicurezza	F _s	1.45	-

Figura 48: Verifica a taglio dei piedritti (SLU)

10.5.3. Soletta di fondazione

Vengono nel seguito riportate le verifiche allo SLU e allo SLE della soletta di fondazione.

L'armatura considerata è la seguente:

	Armatura trasversale	
	Intradosso	Estradosso
Sezione di mezzeria	φ16/20	φ16/10
Sezione di incastro	φ16/10	φ16/20

Tabella 21: Armatura principale soletta di fondazione

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 56 di 78</p>
--	---

La soletta è armata con barre $\phi 12/20$ in direzione secondaria su entrambi i lati, poste esternamente all'armatura principale.

Inoltre, è presente un'armatura a taglio realizzata con spilli $\phi 12/20 \times 40$ per un tratto di estensione pari a 1.8 m a partire dal filo interno dei piedritti.

SOLETTA DI FONDAZIONE – SEZIONE DI MEZZERIA

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9 MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	210000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta 1 * \beta 2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta 1 * \beta 2$:	0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	360.0 MPa	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	50.0	cm
Barre inferiori:	5 $\phi 16$	(10.1 cm ²)
Barre superiori:	10 $\phi 16$	(20.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.5	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.5	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 57 di 78</p>
--	---

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm ²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	37.00	-281.10	36.97	-327.33	1.164	6.4	0.15	0.70	30.2 (7.6)
2	S	37.00	-87.00	36.97	-327.33	3.754	6.4	0.15	0.70	30.2 (7.6)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	7.90	0.0	0.00	13.0	-267.4	7.5	12.3	1232	20.1	9.4
2	S	2.46	0.0	0.00	13.7	-78.1	7.5	12.1	1211	20.1	9.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	6.73	0.0	0.00	13.2	-225.0	7.5	12.3	1228	20.1	9.4
2	S	3.03	0.0	0.00	13.7	-95.8	7.5	12.1	1211	20.1	9.4

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

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00135	0.00048	0.50	0.60	0.000643 (0.000643)	394	0.253 (0.40)	-151.54
2	S	-0.00057	0.00022	0.50	0.60	0.000274 (0.000274)	392	0.107 (0.40)	-154.71

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 58 di 78</p>
--	---

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.29	0.0	0.00	13.8	-103.1	7.5	12.1	1208	20.1	9.4
2	S	3.11	0.0	0.00	13.8	-96.9	7.5	12.1	1206	20.1	9.4

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00062	0.00023	0.50	0.40	0.000294 (0.000294)	391	0.115 (0.30)	-155.31
2	S	-0.00058	0.00022	0.50	0.40	0.000277 (0.000277)	391	0.108 (0.30)	-155.68

SOLETTA DI FONDAZIONE – SEZIONE DI INCASTRO

Metodo di calcolo resistenza:	Descrizione Sezione:
Normativa di riferimento:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	N.T.C.
Forma della sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Percorso sollecitazione:	Rettangolare
Condizioni Ambientali:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Poco aggressive
Riferimento alla sismicità:	Assi x,y principali d'inerzia
	Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	210000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.0 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	50.0	cm
Barre inferiori:	10Ø16	(20.1 cm²)

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 59 di 78</p>
--	---

Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.5	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.5	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm ²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	37.00	231.20	37.17	328.72	1.421	43.7	0.15	0.70	30.2 (7.6)
2	S	37.00	52.20	37.17	328.72	6.273	43.7	0.15	0.70	30.2 (7.6)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	6.45	50.0	0.00	36.9	-217.1	42.5	12.3	1230	20.1	9.4
2	S	1.43	50.0	0.00	35.7	-42.2	42.5	11.9	1189	20.1	9.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	4.93	50.0	0.00	36.7	-162.1	42.5	12.2	1223	20.1	9.4
2	S	1.51	50.0	0.00	35.4	-43.2	42.5	11.8	1179	20.1	9.4

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

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2)in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 60 di 78</p>
--	---

wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00097	0.00035	0.50	0.60	0.000463 (0.000463)	393	0.182 (0.40)	152.47
2	S	-0.00026	0.00011	0.50	0.60	0.000123 (0.000123)	387	0.048 (0.40)	160.92

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.79	50.0	0.00	35.4	-51.1	42.5	11.8	1179	20.1	9.4
2	S	1.55	50.0	0.00	35.0	-42.8	42.5	11.7	1168	20.1	9.4

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00031	0.00013	0.50	0.40	0.000146 (0.000146)	387	0.057 (0.30)	161.03
2	S	-0.00026	0.00011	0.50	0.40	0.000122 (0.000122)	386	0.047 (0.30)	163.11

VERIFICA A TAGLIO

Geometria della sezione				
Base	b	1000	mm	
Altezza	h	500	mm	
Altezza utile	d	425	mm	
Area	Ac	500000	mm ²	
Copriferro	c	55	mm	
Distanza asse barra-bordo inf	c1	75	mm	
Distanza asse barra-bordo sup	c2	75	mm	
Resistenza cilindrica caratteristica cls	fck	33.2	MPa	
Coefficiente parziale di sicurezza cls	γc	1.5	-	
Coeff. riduttivo resistenze di lunga durata	αcc	0.85	-	
Resistenza di calcolo a compressione cls	fcd	18.81	MPa	
Diametro barre secondarie	Φ	0	mm	
Armatura inferiore				
		1°strato	2°strato	
Numero barre	n.	5	0	-
Diametro barre	Φ	16	0	mm
Area armatura tesa	As	1005.3	mm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ	0.237	%	
Armatura superiore				
		1°strato	2°strato	
Numero barre	n.	5	5	-
Diametro barre	Φ	16	16	mm
Area armatura compressa	As	2010.6	mm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ	0.473	%	
Armatura a taglio				
Numero bracci	nb	2.5	0	-
Diametro staffe	Φ	12	0	mm
Passo longitudinale	s	200	200	mm
Area staffe/mm	Asw/s	1.414	mm ² /mm	
Inclinazione	α	90	°	

Azioni interne di verifica	N _{Ed}	V _{Ed}	
	kN	kN	
ENV_SLU/SLV	-37.0	397.4	
Verifica di resistenza a taglio (senza armature trasversali)			
Coefficiente k	k	1.69	-
Resistenza a taglio unitaria minima del cls	v _{min}	0.44	MPa
Tensione media di compressione nel cls	σ _{cp}	0.074	MPa
Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ _l	0.0024	-
Resistenza a taglio del solo cls	V _{rd,c}	175.6	kN
Resistenza minima	V _{rd,c,min}	192.4	kN
Resistenza al taglio	V _{Rd}	192.4	kN
Fattore di sicurezza	F _s	0.48	-
Verifica di resistenza a taglio (con armature trasversali)			
Inclinazione armatura a taglio	cotα	0.0	-
Inclinazione bielle compresse	θ	21.80	°
Inclinazione bielle compresse	cotθ	2.50	-
Tensione caratteristica di snervamento	f _{yk}	450	MPa
Coeff. parziale di sicurezza acciaio	γ _s	1.15	-
Resistenza di calcolo acciaio	f _{yd}	391.3	MPa
Resistenza a compressione ridotta cls	f'cd	9.4	MPa
	σ _{cp} /fcd	0.00	-
Coefficiente maggiorativo	α _c	1.00	-
Resistenza di calcolo a 'taglio trazione' dell'armatura	V _{Rsd}	529.0	kN
Resistenza di calcolo a 'taglio compressione' del cls d'anir	V _{Rcd}	1245.5	kN
Resistenza al taglio di progetto	V _{Rd}	529.0	kN
Fattore di sicurezza	F _s	1.33	-

Figura 49: Verifica a taglio della soletta di fondazione (SLU)

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 61 di 78</p>
--	---

10.6 Stato limite di deformabilità (SLE)

Nel presente Paragrafo si riportano le verifiche di deformabilità condotte sulla soletta superiore, sotto la combinazione di carico quasi permanente (SLE) e l'azione dei carichi da traffico.

La soletta ha una luce L pari a 5.8 m, ed una sezione pari a b=100 cm e h=50 cm.

Si riportano i valori massimi di deformabilità δ ammessi:

- $\delta_{qp} \leq \frac{L}{250} = 23.2 \text{ mm}$, dove δ_{qp} è la freccia massima in condizione di carico quasi permanente (SLE);
- $\delta_{tr} \leq \frac{L}{500} = 11.6 \text{ mm}$, dove δ_{tr} è l'abbassamento massimo al passaggio dei carichi da traffico (UDL + TS).

I diagrammi deformativi riportati nel seguito sono stati determinati considerando un modulo elastico del calcestruzzo pari a:

$$E_c = 33642 \text{ MPa}$$

Nella sola condizione di carico quasi permanente, per tener conto degli effetti viscosi nel calcestruzzo è stato ridotto il valore del modulo elastico che risulta:

$$E_{c,\infty} = \frac{E_c}{1 + \Phi(\infty, t_0 = 28\text{gg})} = \frac{33642}{1 + 2.06} = 10994 \text{ MPa}$$

Le frecce sono state calcolate considerando cautelativamente lo schema statico di trave semplicemente appoggiata. I valori delle frecce così determinati sono stati amplificati di un coefficiente $C_{fes} = 2$ per tenere conto degli effetti fessurativi nel calcestruzzo.

10.6.1. Deformabilità – Carichi quasi permanenti

Si calcola la freccia massima della soletta superiore soggetta alla condizione di carico quasi permanente.

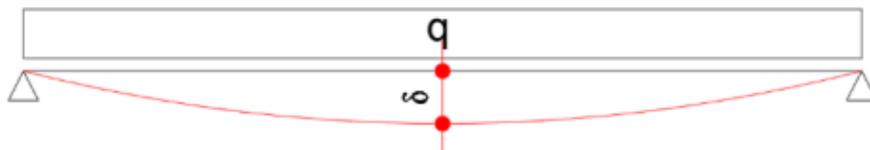


Figura 50: Massima freccia in mezzzeria sotto i carichi permanenti

Sulla soletta agisce il carico da peso proprio e il carico del ricoprimento. Pertanto:

$$q_{qp} = 12.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 10.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 23.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 62 di 78</p>
--	---

La freccia massima viene calcolata come:

$$\delta_{qp} = \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{q_{qp} \cdot L^4}{E_{c,\infty} \cdot I} \right) \cdot C_{fes}$$

Dal calcolo risulta:

$$\delta_{qp} = 6.0 \text{ mm} < 23.2 \text{ mm}$$

10.6.2. Deformabilità - Carichi da traffico

Si calcola la freccia massima della soletta soggetta al carico da traffico considerando i carichi agenti sulla soletta.

- Freccia massima per il carico UDL:

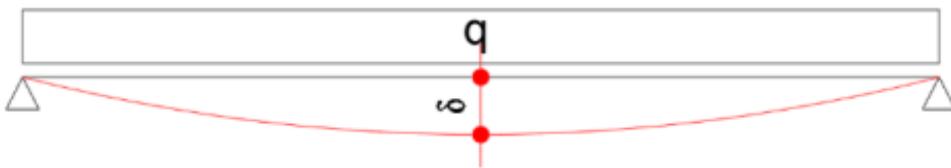


Figura 51: Massima freccia in mezzeria sotto il carico UDL

$$q_{UDL} = 9.0 \frac{kN}{m}$$

La freccia massima viene calcolata come:

$$\delta_{UDL} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{UDL} \cdot L^4}{E_c \cdot I} = 0.38 \text{ mm}$$

- Freccia massima per il carico TS:

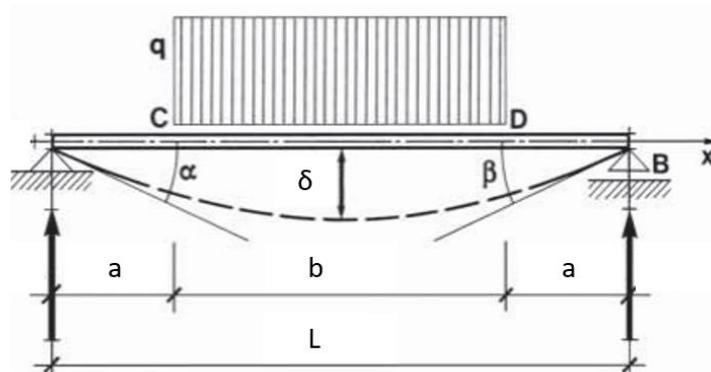


Figura 52: Massima freccia in mezzeria sotto il carico TS

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 63 di 78</p>
--	---

Sulla soletta agisce il carico da traffico TS. Pertanto:

$$q_{TS} = 98.4 \frac{kN}{m}$$

$$b = 2.45 m$$

La freccia massima viene calcolata come:

$$\delta_{TS} = \frac{q_{TS} \cdot b}{96 E_c \cdot I} \cdot (2 L^3 - b^2 \cdot L + \frac{b^3}{4}) = 2.57 mm$$

In conclusione, la freccia massima generata dai carichi da traffico risulta essere:

$$\delta_{tr} = (\delta_{UDL} + \delta_{TS}) \cdot C_{fes} = 5.9 mm < 11.6 mm$$

Tutte le verifiche di deformabilità sono risultate soddisfatte.

10.7 Verifica del carico limite

Il calcolo della resistenza di progetto nei confronti della capacità portante R_d per la soletta di fondazione dell'opera in progetto è sviluppato in accordo alle NTC2018.

La valutazione della resistenza geotecnica a carico limite in condizioni statiche (SLU) è stata effettuata seguendo l'Approccio 1 (A1+M1+R3) Cap. 6.4.2 NTC2018. I coefficienti parziali sulle azioni A1 e sui parametri geotecnici dei terreni M1 sono riportati nelle seguenti tabelle. I coefficienti sulle resistenze R3 è pari a 2.3 (NTC18, Tab.6.4.I).

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_R)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento

Tabella 22: NTC18, Tab. 6.2.1 – Coefficienti parziali azioni

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 64 di 78</p>
--	---

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 23: NTC18, Tab.6.2.II - Coefficienti parziali parametri geotecnici

La capacità portante di progetto della fondazione superficiale R_d viene valutata a partire dal valore caratteristico in accordo alla seguente equazione:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_r} = \frac{q_{lim} * B' * L'}{\gamma_r}$$

$B' * L' =$ area resistente efficace in accordo a Meyerhof, 1963.

Il valore caratteristico e successivamente quello di progetto della capacità portante R_d è stato calcolato con riferimento alla formulazione di Brinch-Hansen.

In condizioni drenate, il carico limite è pari a:

$$q_{lim} = 0.5 \cdot \gamma_c \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q$$

dove:

- $B' = B - 2e$ larghezza minore della fondazione equivalente
- $L' = L - 2e$ larghezza maggiore della fondazione equivalente
- $e = M/N$ eccentricità di N rispetto al centro della fondazione
- N, M sollecitazioni rispetto all'intradosso della fondazione
- γ' peso di volume del terreno
- c' coesione efficace del terreno
- c_u coesione non drenata del terreno

- Fattori correttivi di inclinazione di fondazione:

$$b_q = (1 - \alpha \cdot \tan(\varphi'))^2$$

$$b_\gamma = (1 - \alpha \cdot \tan(\varphi'))^2$$

$$b_c = b_q - [(1 - b_q) / (N_c \cdot \tan(\varphi'))]$$

- Fattori correttivi di inclinazione del piano campagna:

$$g_q = (1 - \tan(\omega))^2$$

$$g_\gamma = (1 - \tan(\omega))^2$$

$$g_c = g_q - [(1 - g_q) / (N_c \cdot \tan(\varphi'))]$$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 65 di 78</p>
--	---

In accordo alle NTC2018 la verifica è da ritenersi soddisfatta se la resistenza di progetto R_d risulta non inferiore alle azioni di progetto:

$$E_d \leq R_d$$

I parametri geotecnici utilizzati per il calcolo di q_{lim} sono riportati di seguito:

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\Phi' = 28^\circ$$

$$c' = 11 \text{ kPa}$$

Le dimensioni considerate della fondazione sono:

$$B = 6.3 \text{ m}$$

$$L = 12.0 \text{ m}$$

Il valore della capacità a carico limite ottenuto q_{lim} è pari a 765 kPa.

Nella seguente figura si riporta la pressione al suolo per l'involuppo delle combinazioni SLU dello scatolare oggetto delle verifiche.

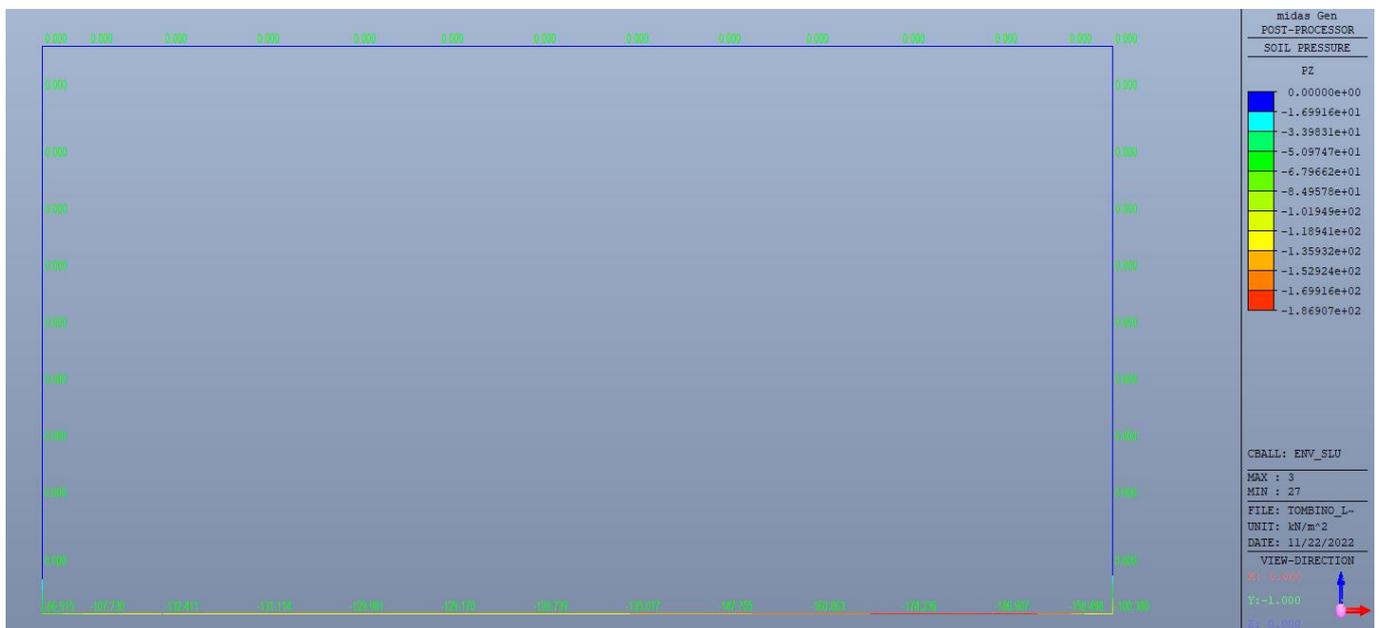


Figura 53: Pressione al suolo di involucro [kPa]

Il valore massimo della pressione al suolo è pari a 187 kPa.

Poiché $187 \text{ kPa} < 765 \text{ kPa}$, la verifica è soddisfatta.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 66 di 78</p>
--	---

10.8 Verifica ad urto

Le azioni da urto vengono determinate in accordo con quanto riportato nelle NTC18 (Paragrafi 3.6.3.3 e 5.1.3.10).

Non essendo nota a priori la tipologia di barriera di sicurezza che verrà adottata, si è assunta per la progettazione una forza orizzontale equivalente di collisione pari a 100 kN agente ad altezza $h_H=1.00$ m sopra il cordolo. Tale azione è stata amplificata di un fattore 1.5, come prescritto dalla norma.

I montanti della barriera sono stati ipotizzati a passo 1.5 m; per tenere conto della ripartizione dell'azione in seguito alla deformazione della barriera, l'azione da urto è stata ripartita cautelativamente su soli 3 montanti. Pertanto, alla base di ogni montante agiscono le seguenti azioni:

$$V_{ed,urto} = \frac{100 \text{ kN} \cdot 1.5}{3} = 50 \text{ kN}$$

$$M_{ed,urto} = V_{ed} \cdot h = 50 \text{ kN} \cdot 1 \text{ m} = 50 \text{ kNm}$$

La piastra di base dei montanti è stata assunta di larghezza 25x25 cm.

Le verifiche vengono condotte nelle seguenti due sezioni più critiche:

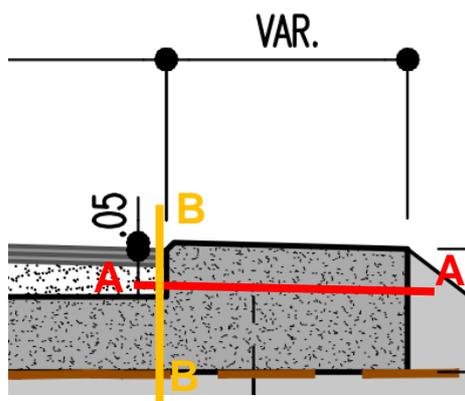


Figura 54: Sezioni di verifica ad urto

- **Sezione A-A:**

La distanza di diffusione dell'azione del montante dal baricentro della piastra della barriera fino alla sezione di verifica è di circa 30 cm. Pertanto, considerando una diffusione delle sollecitazioni nel calcestruzzo a 45°, si ottiene una larghezza di diffusione dell'azione del singolo montante pari a 30 cm x 2 + 25 cm di piastra = 85 cm.

Sulla sezione di verifica agiscono le seguenti sollecitazioni:

$$V_{ed} = 50 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = 50 \text{ kN} \cdot 1.3 \text{ m} = 65 \text{ kNm}$$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 67 di 78</p>
--	---

Armatura		c [cm]	H [cm]	B [cm]	M_{ed} [kNm]	M_{rd} [kNm]	FS
Estradosso	4 Φ 12	5.5	70	85	65	97.1	1.49
Intradosso	4 Φ 12	5.5					

Tabella 24: Verifica a flessione in condizione eccezionale - Sezione A-A

Geometria della sezione			
Base	b	850	mm
Altezza	h	700	mm
Altezza utile	d	639	mm
Area	Ac	595000	mm ²
Copriferro	c	55	mm
Distanza asse barra-bordo inf	c1	61	mm
Distanza asse barra-bordo sup	c2	61	mm
Resistenza cilindrica caratteristica cls	fck	33.2	MPa
Coefficiente parziale di sicurezza cls	γ_c	1.2	-
Coeff. riduttivo resistenze di lunga durata	α_{cc}	1	-
Resistenza di calcolo a compressione cls	fcd	27.67	MPa
Diametro barre secondarie	Φ	0	mm
Armatura inferiore			
		1°strato	2°strato
Numero barre	n.	4	0
Diametro barre	Φ	12	0
Area armatura tesa	As	452.4	mm ²
Rapporto geometrico di armatura	ρ	0.083	%
Armatura superiore			
		1°strato	2°strato
Numero barre	n.	4	0
Diametro barre	Φ	12	0
Area armatura compressa	As	452.4	mm ²
Rapporto geometrico di armatura	ρ	0.083	%
Armatura a taglio			
Numero bracci	nb	2.5	0
Diametro staffe	Φ	0	0
Passo longitudinale	s	200	200
Area staffe/mm	Asw/s	0.000	mm ² /mm
Inclinazione	α	90	°

Azioni interne di verifica	N_{Ed}	V_{Ed}
	kN	kN
ENV_SLU/SLV	0.0	50.0

Verifica di resistenza a taglio (senza armature trasversali)			
Coefficiente k	k	1.56	-
Resistenza a taglio unitaria minima del cls	vmin	0.39	MPa
Tensione media di compressione nel cls	σ_{cp}	0	MPa
Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0.0008	-
Resistenza a taglio del solo cls	Vrd,c	178.3	kN
Resistenza minima	Vrd,c,min	213.3	kN
Resistenza al taglio	Vrd	213.3	kN
Fattore di sicurezza	Fs	4.27	-

OK

Tabella 25: Verifica a taglio in condizione eccezionale - Sezione A-A

• **Sezione B-B:**

La distanza di diffusione dell'azione del montante dal baricentro della piastra della barriera fino all'asse della sezione di verifica B-B sezione è di circa 30+50/2+25 cm. Pertanto, considerando una diffusione delle sollecitazioni nel calcestruzzo a 45°, si ottiene una larghezza di diffusione dell'azione del singolo montante pari a 80 cm x 2 + 25 cm di piastra = 185 cm.

In via conservativa si considera una larghezza di 150 cm per la sezione di verifica.

Sulla sezione di verifica agiscono le seguenti sollecitazioni:

$$M_{ed} = 50 \text{ kN} \cdot \left(1 + 0.3 + \frac{0.5}{2}\right) m = 77.5 \text{ kNm}$$

Armatura		c [cm]	H [cm]	B [cm]	M_{ed} [kNm]	M_{rd} [kNm]	FS
Estradosso	7.5 Φ 12	5.5	50	150	77.5	171.7	2.21
Intradosso	7.5 Φ 12	5.5					

Tabella 26: Verifica a flessione in condizione eccezionale - Sezione B-B

Tutte le verifiche a urto risultano soddisfatte.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 68 di 78</p>
--	---

11 CONCLUSIONI

Per quanto esposto nella relazione si dichiara che le strutture progettate secondo quanto descritto risultano conformi alla Normativa Tecnica vigente NTC 2018 ed alla Circolare Applicativa N. 7/2019.

Si riporta una tabella di riepilogo con le incidenze di acciaio stimate per i diversi elementi dell'opera:

Elemento	Incidenza stimata
Soletta superiore	85 kg/m3
Piedritti	90 kg/m3
Soletta di fondazione	100 kg/m3

Tabella 27: Incidenze stimate

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 69 di 78</p>
--	---

12 ALLEGATO – Combinazioni di carico

Nel presente Capitolo vengono riportate le combinazioni di carico considerate nelle analisi.

• COMBINAZIONI A SLU:

Combo	Peso proprio	Ricoprimento	Spinta terreno	Ritiro	Spinta canale	Sovrappinta sismica terreno	Sovrappinta sismica canale	Termico uniforme	Termico variabile	TS in mezzeria	TS all'appoggio	Sovraccarico laterale da traffico	Frenatura
SLU_1	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	1.5	1.5	1.01	0	0	0
SLU_2	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	-1.5	-1.5	1.01	0	0	0
SLU_3	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	1.5	-1.5	1.01	0	0	0
SLU_4	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	-1.5	1.5	1.01	0	0	0
SLU_5	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	0.9	0.9	1.35	0	0	0
SLU_6	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	-0.9	-0.9	1.35	0	0	0
SLU_7	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	0.9	-0.9	1.35	0	0	0
SLU_8	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	-0.9	0.9	1.35	0	0	0
SLU_9	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	0.9	0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_10	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	-0.9	-0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_11	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	0.9	-0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_12	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	-0.9	0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_13	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	1.5	1.5	0	1.01	0	0
SLU_14	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	-1.5	-1.5	0	1.01	0	0
SLU_15	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	1.5	-1.5	0	1.01	0	0
SLU_16	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	-1.5	1.5	0	1.01	0	0
SLU_17	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	0.9	0.9	0	1.35	0	0
SLU_18	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	-0.9	-0.9	0	1.35	0	0
SLU_19	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	0.9	-0.9	0	1.35	0	0
SLU_20	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	-0.9	0.9	0	1.35	0	0
SLU_21	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	0.9	0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_22	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	-0.9	-0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_23	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	0.9	-0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_24	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	-0.9	0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_25	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	1.5	1.5	0	0	1.01	0
SLU_26	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	-1.5	-1.5	0	0	1.01	0
SLU_27	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	1.5	-1.5	0	0	1.01	0
SLU_28	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	-1.5	1.5	0	0	1.01	0
SLU_29	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	0.9	0.9	0	0	1.35	0
SLU_30	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	-0.9	-0.9	0	0	1.35	0

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 70 di 78</p>
--	---

SLU_31	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	0	0.9	-0.9	0	0	1.35	0
SLU_32	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	0	-0.9	0.9	0	0	1.35	0
SLU_33	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	0	0.9	0.9	0	0	1.01	1.35
SLU_34	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	0	-0.9	-0.9	0	0	1.01	1.35
SLU_35	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	0	0.9	-0.9	0	0	1.01	1.35
SLU_36	1.35	1.35	1.35	1.2	0	0	0	0	-0.9	0.9	0	0	1.01	1.35
SLU_37	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	1.5	1.5	1.01	0	0	0
SLU_38	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-1.5	-1.5	1.01	0	0	0
SLU_39	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	1.5	-1.5	1.01	0	0	0
SLU_40	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-1.5	1.5	1.01	0	0	0
SLU_41	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	0.9	0.9	1.35	0	0	0
SLU_42	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-0.9	-0.9	1.35	0	0	0
SLU_43	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	0.9	-0.9	1.35	0	0	0
SLU_44	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-0.9	0.9	1.35	0	0	0
SLU_45	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	0.9	0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_46	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-0.9	-0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_47	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	0.9	-0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_48	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-0.9	0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_49	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	1.5	1.5	0	1.01	0	0
SLU_50	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-1.5	-1.5	0	1.01	0	0
SLU_51	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	1.5	-1.5	0	1.01	0	0
SLU_52	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-1.5	1.5	0	1.01	0	0
SLU_53	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	0.9	0.9	0	1.35	0	0
SLU_54	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-0.9	-0.9	0	1.35	0	0
SLU_55	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	0.9	-0.9	0	1.35	0	0
SLU_56	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-0.9	0.9	0	1.35	0	0
SLU_57	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	0.9	0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_58	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-0.9	-0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_59	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	0.9	-0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_60	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-0.9	0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_61	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	1.5	1.5	0	0	1.01	0
SLU_62	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-1.5	-1.5	0	0	1.01	0
SLU_63	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	1.5	-1.5	0	0	1.01	0
SLU_64	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-1.5	1.5	0	0	1.01	0
SLU_65	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	0.9	0.9	0	0	1.35	0
SLU_66	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-0.9	-0.9	0	0	1.35	0
SLU_67	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	0.9	-0.9	0	0	1.35	0
SLU_68	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-0.9	0.9	0	0	1.35	0
SLU_69	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	0.9	0.9	0	0	1.01	1.35
SLU_70	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-0.9	-0.9	0	0	1.01	1.35
SLU_71	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	0.9	-0.9	0	0	1.01	1.35
SLU_72	1.35	1.35	1.35	1.2	1.35	0	0	0	-0.9	0.9	0	0	1.01	1.35

ANAS S.p.A.

Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38

dal Km 18+200 al Km 68+300

Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo

File: T00TM02STRRE01_A

Data: Dicembre 2022

Pag. 71 di 78

SLU_73	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	1.5	1.5	1.01	0	0	0
SLU_74	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-1.5	-1.5	1.01	0	0	0
SLU_75	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	1.5	-1.5	1.01	0	0	0
SLU_76	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-1.5	1.5	1.01	0	0	0
SLU_77	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0.9	0.9	1.35	0	0	0
SLU_78	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	-0.9	1.35	0	0	0
SLU_79	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0.9	-0.9	1.35	0	0	0
SLU_80	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	0.9	1.35	0	0	0
SLU_81	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0.9	0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_82	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	-0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_83	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0.9	-0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_84	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_85	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	1.5	1.5	0	1.01	0	0
SLU_86	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-1.5	-1.5	0	1.01	0	0
SLU_87	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	1.5	-1.5	0	1.01	0	0
SLU_88	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-1.5	1.5	0	1.01	0	0
SLU_89	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0.9	0.9	0	1.35	0	0
SLU_90	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	-0.9	0	1.35	0	0
SLU_91	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0.9	-0.9	0	1.35	0	0
SLU_92	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	0.9	0	1.35	0	0
SLU_93	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0.9	0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_94	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	-0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_95	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0.9	-0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_96	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_97	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	1.5	1.5	0	0	1.01	0
SLU_98	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-1.5	-1.5	0	0	1.01	0
SLU_99	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	1.5	-1.5	0	0	1.01	0
SLU_100	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-1.5	1.5	0	0	1.01	0
SLU_101	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0.9	0.9	0	0	1.35	0
SLU_102	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	-0.9	0	0	1.35	0
SLU_103	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0.9	-0.9	0	0	1.35	0
SLU_104	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	0.9	0	0	1.35	0
SLU_105	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0.9	0.9	0	0	1.01	1.35
SLU_106	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	-0.9	0	0	1.01	1.35
SLU_107	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0.9	-0.9	0	0	1.01	1.35
SLU_108	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	0.9	0	0	1.01	1.35
SLU_109	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	1.5	1.5	1.01	0	0	0
SLU_110	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-1.5	-1.5	1.01	0	0	0
SLU_111	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	1.5	-1.5	1.01	0	0	0
SLU_112	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-1.5	1.5	1.01	0	0	0
SLU_113	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0.9	0.9	1.35	0	0	0
SLU_114	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-0.9	-0.9	1.35	0	0	0

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 72 di 78</p>
--	---

SLU_115	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0.9	-0.9	1.35	0	0	0
SLU_116	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-0.9	0.9	1.35	0	0	0
SLU_117	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0.9	0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_118	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-0.9	-0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_119	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0.9	-0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_120	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-0.9	0.9	1.01	0	0	1.35
SLU_121	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	1.5	1.5	0	1.01	0	0
SLU_122	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-1.5	-1.5	0	1.01	0	0
SLU_123	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	1.5	-1.5	0	1.01	0	0
SLU_124	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-1.5	1.5	0	1.01	0	0
SLU_125	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0.9	0.9	0	1.35	0	0
SLU_126	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-0.9	-0.9	0	1.35	0	0
SLU_127	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0.9	-0.9	0	1.35	0	0
SLU_128	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-0.9	0.9	0	1.35	0	0
SLU_129	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0.9	0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_130	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-0.9	-0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_131	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0.9	-0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_132	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-0.9	0.9	0	1.01	0	1.35
SLU_133	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	1.5	1.5	0	0	1.01	0
SLU_134	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-1.5	-1.5	0	0	1.01	0
SLU_135	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	1.5	-1.5	0	0	1.01	0
SLU_136	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-1.5	1.5	0	0	1.01	0
SLU_137	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0.9	0.9	0	0	1.35	0
SLU_138	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-0.9	-0.9	0	0	1.35	0
SLU_139	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0.9	-0.9	0	0	1.35	0
SLU_140	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-0.9	0.9	0	0	1.35	0
SLU_141	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0.9	0.9	0	0	1.01	1.35
SLU_142	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-0.9	-0.9	0	0	1.01	1.35
SLU_143	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	0.9	-0.9	0	0	1.01	1.35
SLU_144	1.35	1.35	1.35	0	1.35	0	0	0	-0.9	0.9	0	0	1.01	1.35

• **COMBINAZIONI A SLV:**

Combo	Peso proprio	Ricoprimento	Spinta terreno	Ritiro	Spinta canale	Sovrappinta sismica terreno	Sovrappinta sismica canale	Termico uniforme	Termico variabile	TS in mezzeria	TS all'appoggio	Sovraccarico laterale da traffico	Frenatura	
SLV_1	1	1	1	1	0	1	1	0	0.5	0.5	0.00	0	0	0
SLV_2	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	0.00	0	0	0

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 73 di 78</p>
--	---

SLV_3	1	1	1	1	0	1	1	0	0.5	-0.5	0.00	0	0	0
SLV_4	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	-0.5	0.00	0	0	0
SLV_5	1	1	1	1	0	1	1	0	-0.5	-0.5	0	0	0	0
SLV_6	1	1	1	1	1	1	1	1	-0.5	-0.5	0	0	0	0
SLV_7	1	1	1	1	0	1	1	0	-0.5	0.5	0	0	0	0
SLV_8	1	1	1	1	1	1	1	1	-0.5	0.5	0	0	0	0
SLV_9	1	1	1	0	0	1	1	0	0.5	0.5	0.00	0	0	0
SLV_10	1	1	1	0	1	1	1	1	0.5	0.5	0.00	0	0	0
SLV_11	1	1	1	0	0	1	1	0	0.5	-0.5	0.00	0	0	0
SLV_12	1	1	1	0	1	1	1	1	0.5	-0.5	0.00	0	0	0
SLV_13	1	1	1	0	0	1	1	0	-0.5	-0.5	0	0.00	0	0
SLV_14	1	1	1	0	1	1	1	1	-0.5	-0.5	0	0.00	0	0
SLV_15	1	1	1	0	0	1	1	0	-0.5	0.5	0	0.00	0	0
SLV_16	1	1	1	0	1	1	1	1	-0.5	0.5	0	0.00	0	0

• **COMBINAZIONI A SLE Rara:**

Combo	Peso proprio	Ricoprimento	Spinta terreno	Ritiro	Spinta canale	Sovrappinta sismica terreno	Sovrappinta sismica canale	Termico uniforme	Termico variabile	TS in mezzeria	TS all'appoggio	Sovraccarico laterale da traffico	Frenatura	
SLE_R_1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0.75	0	0	0
SLE_R_2	1	1	1	1	0	0	0	0	-1	-1	0.75	0	0	0
SLE_R_3	1	1	1	1	0	0	0	0	1	-1	0.75	0	0	0
SLE_R_4	1	1	1	1	0	0	0	0	-1	1	0.75	0	0	0
SLE_R_5	1	1	1	1	0	0	0	0	0.6	0.6	1	0	0	0
SLE_R_6	1	1	1	1	0	0	0	0	-0.6	-0.6	1	0	0	0
SLE_R_7	1	1	1	1	0	0	0	0	0.6	-0.6	1	0	0	0
SLE_R_8	1	1	1	1	0	0	0	0	-0.6	0.6	1	0	0	0
SLE_R_9	1	1	1	1	0	0	0	0	0.6	0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_10	1	1	1	1	0	0	0	0	-0.6	-0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_11	1	1	1	1	0	0	0	0	0.6	-0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_12	1	1	1	1	0	0	0	0	-0.6	0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_13	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0.75	0	0
SLE_R_14	1	1	1	1	0	0	0	0	-1	-1	0	0.75	0	0
SLE_R_15	1	1	1	1	0	0	0	0	1	-1	0	0.75	0	0
SLE_R_16	1	1	1	1	0	0	0	0	-1	1	0	0.75	0	0
SLE_R_17	1	1	1	1	0	0	0	0	0.6	0.6	0	1	0	0
SLE_R_18	1	1	1	1	0	0	0	0	-0.6	-0.6	0	1	0	0

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 74 di 78</p>
--	---

SLE_R_19	1	1	1	1	0	0	0	0	0.6	-0.6	0	1	0	0
SLE_R_20	1	1	1	1	0	0	0	0	-0.6	0.6	0	1	0	0
SLE_R_21	1	1	1	1	0	0	0	0	0.6	0.6	0	0.75	0	1
SLE_R_22	1	1	1	1	0	0	0	0	-0.6	-0.6	0	0.75	0	1
SLE_R_23	1	1	1	1	0	0	0	0	0.6	-0.6	0	0.75	0	1
SLE_R_24	1	1	1	1	0	0	0	0	-0.6	0.6	0	0.75	0	1
SLE_R_25	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0.75	0
SLE_R_26	1	1	1	1	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0.75	0
SLE_R_27	1	1	1	1	0	0	0	0	1	-1	0	0	0.75	0
SLE_R_28	1	1	1	1	0	0	0	0	-1	1	0	0	0.75	0
SLE_R_29	1	1	1	1	0	0	0	0	0.6	0.6	0	0	1	0
SLE_R_30	1	1	1	1	0	0	0	0	-0.6	-0.6	0	0	1	0
SLE_R_31	1	1	1	1	0	0	0	0	0.6	-0.6	0	0	1	0
SLE_R_32	1	1	1	1	0	0	0	0	-0.6	0.6	0	0	1	0
SLE_R_33	1	1	1	1	0	0	0	0	0.6	0.6	0	0	0.75	1
SLE_R_34	1	1	1	1	0	0	0	0	-0.6	-0.6	0	0	0.75	1
SLE_R_35	1	1	1	1	0	0	0	0	0.6	-0.6	0	0	0.75	1
SLE_R_36	1	1	1	1	0	0	0	0	-0.6	0.6	0	0	0.75	1
SLE_R_37	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0.75	0	0	0
SLE_R_38	1	1	1	1	1	0	0	0	-1	-1	0.75	0	0	0
SLE_R_39	1	1	1	1	1	0	0	0	1	-1	0.75	0	0	0
SLE_R_40	1	1	1	1	1	0	0	0	-1	1	0.75	0	0	0
SLE_R_41	1	1	1	1	1	0	0	0	0.6	0.6	1	0	0	0
SLE_R_42	1	1	1	1	1	0	0	0	-0.6	-0.6	1	0	0	0
SLE_R_43	1	1	1	1	1	0	0	0	0.6	-0.6	1	0	0	0
SLE_R_44	1	1	1	1	1	0	0	0	-0.6	0.6	1	0	0	0
SLE_R_45	1	1	1	1	1	0	0	0	0.6	0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_46	1	1	1	1	1	0	0	0	-0.6	-0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_47	1	1	1	1	1	0	0	0	0.6	-0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_48	1	1	1	1	1	0	0	0	-0.6	0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_49	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0.75	0	0
SLE_R_50	1	1	1	1	1	0	0	0	-1	-1	0	0.75	0	0
SLE_R_51	1	1	1	1	1	0	0	0	1	-1	0	0.75	0	0
SLE_R_52	1	1	1	1	1	0	0	0	-1	1	0	0.75	0	0
SLE_R_53	1	1	1	1	1	0	0	0	0.6	0.6	0	1	0	0
SLE_R_54	1	1	1	1	1	0	0	0	-0.6	-0.6	0	1	0	0
SLE_R_55	1	1	1	1	1	0	0	0	0.6	-0.6	0	1	0	0
SLE_R_56	1	1	1	1	1	0	0	0	-0.6	0.6	0	1	0	0
SLE_R_57	1	1	1	1	1	0	0	0	0.6	0.6	0	0.75	0	1
SLE_R_58	1	1	1	1	1	0	0	0	-0.6	-0.6	0	0.75	0	1
SLE_R_59	1	1	1	1	1	0	0	0	0.6	-0.6	0	0.75	0	1

ANAS S.p.A.

Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38

dal Km 18+200 al Km 68+300

Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo

File: T00TM02STRRE01_A

Data: Dicembre 2022

Pag. 75 di 78

SLE_R_60	1	1	1	1	1	0	0	0	-0.6	0.6	0	0.75	0	1
SLE_R_61	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0.75	0
SLE_R_62	1	1	1	1	1	0	0	0	-1	-1	0	0	0.75	0
SLE_R_63	1	1	1	1	1	0	0	0	1	-1	0	0	0.75	0
SLE_R_64	1	1	1	1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0.75	0
SLE_R_65	1	1	1	1	1	0	0	0	0.6	0.6	0	0	1	0
SLE_R_66	1	1	1	1	1	0	0	0	-0.6	-0.6	0	0	1	0
SLE_R_67	1	1	1	1	1	0	0	0	0.6	-0.6	0	0	1	0
SLE_R_68	1	1	1	1	1	0	0	0	-0.6	0.6	0	0	1	0
SLE_R_69	1	1	1	1	1	0	0	0	0.6	0.6	0	0	0.75	1
SLE_R_70	1	1	1	1	1	0	0	0	-0.6	-0.6	0	0	0.75	1
SLE_R_71	1	1	1	1	1	0	0	0	0.6	-0.6	0	0	0.75	1
SLE_R_72	1	1	1	1	1	0	0	0	-0.6	0.6	0	0	0.75	1
SLE_R_73	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0.75	0	0	0
SLE_R_74	1	1	1	0	0	0	0	0	-1	-1	0.75	0	0	0
SLE_R_75	1	1	1	0	0	0	0	0	1	-1	0.75	0	0	0
SLE_R_76	1	1	1	0	0	0	0	0	-1	1	0.75	0	0	0
SLE_R_77	1	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0.6	1	0	0	0
SLE_R_78	1	1	1	0	0	0	0	0	-0.6	-0.6	1	0	0	0
SLE_R_79	1	1	1	0	0	0	0	0	0.6	-0.6	1	0	0	0
SLE_R_80	1	1	1	0	0	0	0	0	-0.6	0.6	1	0	0	0
SLE_R_81	1	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_82	1	1	1	0	0	0	0	0	-0.6	-0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_83	1	1	1	0	0	0	0	0	0.6	-0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_84	1	1	1	0	0	0	0	0	-0.6	0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_85	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0.75	0	0
SLE_R_86	1	1	1	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0.75	0	0
SLE_R_87	1	1	1	0	0	0	0	0	1	-1	0	0.75	0	0
SLE_R_88	1	1	1	0	0	0	0	0	-1	1	0	0.75	0	0
SLE_R_89	1	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0.6	0	1	0	0
SLE_R_90	1	1	1	0	0	0	0	0	-0.6	-0.6	0	1	0	0
SLE_R_91	1	1	1	0	0	0	0	0	0.6	-0.6	0	1	0	0
SLE_R_92	1	1	1	0	0	0	0	0	-0.6	0.6	0	1	0	0
SLE_R_93	1	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0.6	0	0.75	0	1
SLE_R_94	1	1	1	0	0	0	0	0	-0.6	-0.6	0	0.75	0	1
SLE_R_95	1	1	1	0	0	0	0	0	0.6	-0.6	0	0.75	0	1
SLE_R_96	1	1	1	0	0	0	0	0	-0.6	0.6	0	0.75	0	1
SLE_R_97	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0.75	0
SLE_R_98	1	1	1	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0.75	0
SLE_R_99	1	1	1	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0.75	0
SLE_R_100	1	1	1	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0.75	0

ANAS S.p.A.

Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38

dal Km 18+200 al Km 68+300

Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo

File: T00TM02STRRE01_A

Data: Dicembre 2022

Pag. 76 di 78

SLE_R_101	1	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0.6	0	0	1	0
SLE_R_102	1	1	1	0	0	0	0	0	-0.6	-0.6	0	0	1	0
SLE_R_103	1	1	1	0	0	0	0	0	0.6	-0.6	0	0	1	0
SLE_R_104	1	1	1	0	0	0	0	0	-0.6	0.6	0	0	1	0
SLE_R_105	1	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0.6	0	0	0.75	1
SLE_R_106	1	1	1	0	0	0	0	0	-0.6	-0.6	0	0	0.75	1
SLE_R_107	1	1	1	0	0	0	0	0	0.6	-0.6	0	0	0.75	1
SLE_R_108	1	1	1	0	0	0	0	0	-0.6	0.6	0	0	0.75	1
SLE_R_109	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0.75	0	0	0
SLE_R_110	1	1	1	0	1	0	0	0	-1	-1	0.75	0	0	0
SLE_R_111	1	1	1	0	1	0	0	0	1	-1	0.75	0	0	0
SLE_R_112	1	1	1	0	1	0	0	0	-1	1	0.75	0	0	0
SLE_R_113	1	1	1	0	1	0	0	0	0.6	0.6	1	0	0	0
SLE_R_114	1	1	1	0	1	0	0	0	-0.6	-0.6	1	0	0	0
SLE_R_115	1	1	1	0	1	0	0	0	0.6	-0.6	1	0	0	0
SLE_R_116	1	1	1	0	1	0	0	0	-0.6	0.6	1	0	0	0
SLE_R_117	1	1	1	0	1	0	0	0	0.6	0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_118	1	1	1	0	1	0	0	0	-0.6	-0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_119	1	1	1	0	1	0	0	0	0.6	-0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_120	1	1	1	0	1	0	0	0	-0.6	0.6	0.75	0	0	1
SLE_R_121	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0.75	0	0
SLE_R_122	1	1	1	0	1	0	0	0	-1	-1	0	0.75	0	0
SLE_R_123	1	1	1	0	1	0	0	0	1	-1	0	0.75	0	0
SLE_R_124	1	1	1	0	1	0	0	0	-1	1	0	0.75	0	0
SLE_R_125	1	1	1	0	1	0	0	0	0.6	0.6	0	1	0	0
SLE_R_126	1	1	1	0	1	0	0	0	-0.6	-0.6	0	1	0	0
SLE_R_127	1	1	1	0	1	0	0	0	0.6	-0.6	0	1	0	0
SLE_R_128	1	1	1	0	1	0	0	0	-0.6	0.6	0	1	0	0
SLE_R_129	1	1	1	0	1	0	0	0	0.6	0.6	0	0.75	0	1
SLE_R_130	1	1	1	0	1	0	0	0	-0.6	-0.6	0	0.75	0	1
SLE_R_131	1	1	1	0	1	0	0	0	0.6	-0.6	0	0.75	0	1
SLE_R_132	1	1	1	0	1	0	0	0	-0.6	0.6	0	0.75	0	1
SLE_R_133	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0.75	0
SLE_R_134	1	1	1	0	1	0	0	0	-1	-1	0	0	0.75	0
SLE_R_135	1	1	1	0	1	0	0	0	1	-1	0	0	0.75	0
SLE_R_136	1	1	1	0	1	0	0	0	-1	1	0	0	0.75	0
SLE_R_137	1	1	1	0	1	0	0	0	0.6	0.6	0	0	1	0
SLE_R_138	1	1	1	0	1	0	0	0	-0.6	-0.6	0	0	1	0
SLE_R_139	1	1	1	0	1	0	0	0	0.6	-0.6	0	0	1	0
SLE_R_140	1	1	1	0	1	0	0	0	-0.6	0.6	0	0	1	0
SLE_R_141	1	1	1	0	1	0	0	0	0.6	0.6	0	0	0.75	1

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 77 di 78</p>
--	---

SLE_R_142	1	1	1	0	1	0	0	0	-0.6	-0.6	0	0	0.75	1
SLE_R_143	1	1	1	0	1	0	0	0	0.6	-0.6	0	0	0.75	1
SLE_R_144	1	1	1	0	1	0	0	0	-0.6	0.6	0	0	0.75	1

• **COMBINAZIONI A SLE Frequente:**

Combo	Peso proprio	Ricoprimento	Spinta terreno	Ritiro	Spinta canale	Sovrappinta sismica terreno	Sovrappinta sismica canale	Termico uniforme	Termico variabile	TS in mezzeria	TS all'appoggio	Sovraccarico laterale da traffico	Frenatura
SLE_F_1	1	1	1	1	0	0	0	0.6	0.6	0.00	0	0	0
SLE_F_2	1	1	1	1	0	0	0	-0.6	-0.6	0.00	0	0	0
SLE_F_3	1	1	1	1	0	0	0	0.6	-0.6	0.00	0	0	0
SLE_F_4	1	1	1	1	0	0	0	-0.6	0.6	0.00	0	0	0
SLE_F_5	1	1	1	1	0	0	0	0.5	0.5	0.75	0	0	0
SLE_F_6	1	1	1	1	0	0	0	-0.5	-0.5	0.75	0	0	0
SLE_F_7	1	1	1	1	0	0	0	0.5	-0.5	0.75	0	0	0
SLE_F_8	1	1	1	1	0	0	0	-0.5	0.5	0.75	0	0	0
SLE_F_9	1	1	1	1	0	0	0	0.5	0.5	0.00	0.75	0	0
SLE_F_10	1	1	1	1	0	0	0	-0.5	-0.5	0.00	0.75	0	0
SLE_F_11	1	1	1	1	0	0	0	0.5	-0.5	0.00	0.75	0	0
SLE_F_12	1	1	1	1	0	0	0	-0.5	0.5	0.00	0.75	0	0
SLE_F_13	1	1	1	1	0	0	0	0.5	0.5	0	0.00	0.75	0
SLE_F_14	1	1	1	1	0	0	0	-0.5	-0.5	0	0.00	0.75	0
SLE_F_15	1	1	1	1	0	0	0	0.5	-0.5	0	0.00	0.75	0
SLE_F_16	1	1	1	1	0	0	0	-0.5	0.5	0	0.00	0.75	0
SLE_F_17	1	1	1	1	1	0	0	0.5	0.5	1	0	0	0
SLE_F_18	1	1	1	1	1	0	0	-0.5	-0.5	1	0	0	0
SLE_F_19	1	1	1	1	1	0	0	0.5	-0.5	1	0	0	0
SLE_F_20	1	1	1	1	1	0	0	-0.5	0.5	1	0	0	0
SLE_F_21	1	1	1	1	1	0	0	0.5	0.5	0	0.75	0	0
SLE_F_22	1	1	1	1	1	0	0	-0.5	-0.5	0	0.75	0	0
SLE_F_23	1	1	1	1	1	0	0	0.5	-0.5	0	0.75	0	0
SLE_F_24	1	1	1	1	1	0	0	-0.5	0.5	0	0.75	0	0
SLE_F_25	1	1	1	1	1	0	0	0.5	0.5	0	0	0.75	0
SLE_F_26	1	1	1	1	1	0	0	-0.5	-0.5	0	0	0.75	0
SLE_F_27	1	1	1	1	1	0	0	0.5	-0.5	0	0	0.75	0
SLE_F_28	1	1	1	1	1	0	0	-0.5	0.5	0	0	0.75	0

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>Lavori di allargamento in tratti saltuari della S.S. n°38</p> <p>dal Km 18+200 al Km 68+300</p> <p>Tombini TM02-TM03 - Relazione di calcolo</p>	<p>File: T00TM02STRRE01_A</p> <p>Data: Dicembre 2022</p> <p>Pag. 78 di 78</p>
--	---

• **COMBINAZIONI A SLE Quasi permanente:**

Combo	Peso proprio	Ricoprimento	Spinta terreno	Ritiro	Spinta canale	Sovrappinta sismica terreno	Sovrappinta sismica canale	Termico uniforme	Termico variabile	TS in mezzeria	TS all'appoggio	Sovraccarico laterale da traffico	Frenatura
SLE_QP_1	1	1	1	1	0	0	0	0.5	0.5	0.00	0	0	0
SLE_QP_2	1	1	1	1	0	0	0	-0.5	-0.5	0.00	0	0	0
SLE_QP_3	1	1	1	1	0	0	0	0.5	-0.5	0.00	0	0	0
SLE_QP_4	1	1	1	1	0	0	0	-0.5	0.5	0.00	0	0	0
SLE_QP_5	1	1	1	1	1	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0
SLE_QP_6	1	1	1	1	1	0	0	-0.5	-0.5	0	0	0	0
SLE_QP_7	1	1	1	1	1	0	0	0.5	-0.5	0	0	0	0
SLE_QP_8	1	1	1	1	1	0	0	-0.5	0.5	0	0	0	0