

S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ
LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA
DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA22

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. M. RASIMELLI
Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. D. BONADIES Ing. M. PROCACCI
Ing. P. LOSPENNATO Ing. R. CERQUIGLINI
Ing. S. PELLEGRINI Ing. M. CARAFFINI
Ing. A. POLLI Geom. M. BINAGLIA
Ing. M. MARELLI
Ing. A. LUCIA

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Arch. E. RASIMELLI

IL GEOLOGO

Dott. S. PIAZZOLI

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. L. IOVINE

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. F. RUGGIERI

PROTOCOLLO

DATA:

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



MANDATARIA



PINI SWISS ENGINEERS SA
SWISS
Via Reno 7 - 41013 Lugano - Svizzera

MANDANTE



PINI SWISS ENGINEERS Srl
ITALIA
Via Corvù 2 - 22074 Lomazzo (CO) - Italia

MANDANTE

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO OPERE MINORI - SOTTOVIA

CODICE PROGETTO

PROGETTO: D P C A 2 2 LIV. PROG.: D N. PROG.: 2 0 0 2

NOME FILE

T00_ST01_STR_RE01_A

REVISIONE

PAG.

CODICE ELAB.

T 0 0 S T 0 1 S T R R E 0 1

A

1 di 73

D

C

B

A

PRIMA EMISSIONE

AGOSTO 2020

A.DIANIN

M.MARELLI

RASIMELLI

Formattato: Inglese (Stati Uniti)

Codice campo modificato

Formattato: Inglese (Stati Uniti)

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File: T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 2 di 72</p>
---	---

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
<u>1</u>	<u>INTRODUZIONE</u>				<u>7</u>
<u>1.1</u>	<u>OGGETTO E SCOPO</u>				<u>8</u>
<u>1.2</u>	<u>BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO</u>				<u>9</u>
<u>2</u>	<u>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</u>				<u>10</u>
<u>2.1</u>	<u>RIFERIMENTI NORMATIVI</u>				<u>10</u>
<u>2.2</u>	<u>DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO</u>				<u>11</u>
<u>2.3</u>	<u>BIBLIOGRAFIA</u>				<u>12</u>
<u>2.4</u>	<u>SOFTWARE DI CALCOLO</u>				<u>12</u>
<u>3</u>	<u>MATERIALI</u>				<u>13</u>
<u>3.1</u>	<u>CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER SOTTOFONDAZIONI</u>				<u>13</u>
<u>3.2</u>	<u>CONGLOMERATO CEMENTIZIO STRUTTURALE SCATOLARI</u>				<u>13</u>
<u>3.3</u>	<u>CONGLOMERATO CEMENTIZIO FONDAZIONI MURI</u>				<u>13</u>
<u>3.4</u>	<u>CONGLOMERATO CEMENTIZIO PARAMENTI MURI</u>				<u>14</u>
<u>3.5</u>	<u>ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO</u>				<u>14</u>
<u>3.6</u>	<u>COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE</u>				<u>14</u>
<u>4</u>	<u>ANALISI NUMERICHE</u>				<u>15</u>
<u>4.1</u>	<u>CRITERI DI CALCOLO</u>				<u>15</u>
<u>4.1.1.</u>	<u>Combinazioni di carico</u>				<u>15</u>
<u>4.1.2.</u>	<u>Programma di calcolo</u>				<u>16</u>
<u>4.2</u>	<u>PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DELLE STRUTTURE</u>				<u>18</u>
<u>4.3</u>	<u>GEOMETRIA DELLA SEZIONE TIPO</u>				<u>20</u>
<u>4.3.1.</u>	<u>Modellazione adottata</u>				<u>21</u>
<u>4.4</u>	<u>ANALISI DEI CARICHI</u>				<u>22</u>
<u>4.4.1.</u>	<u>Peso proprio strutturale</u>				<u>22</u>
<u>4.4.2.</u>	<u>Carico permanente portato</u>				<u>22</u>
<u>4.4.3.</u>	<u>Spinte sulle pareti laterali e sulle solette</u>				<u>22</u>
<u>4.4.4.</u>	<u>Ritiro e viscosità</u>				<u>29</u>
<u>4.4.5.</u>	<u>Carico termico giornaliero</u>				<u>30</u>
<u>4.4.6.</u>	<u>Carico termico stagionale</u>				<u>31</u>

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File: T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 3 di 72</p>
---	---

4.4.7.	Caratterizzazione sismica del sito	33
5	VERIFICHE	37
5.1	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	37
5.1.1.	Combinazioni di calcolo	37
5.1.2.	Sollecitazioni	42
5.2	VERIFICHE STRUTTURALI	57
5.3	VERIFICHE GEOTECNICHE	58
6	RIEPILOGO DELLE VERIFICHE A SLU-SLE	61
6.1	TABELLA RIASSUNTIVA	63
6.2	VERIFICHE A SLU- METODO GRAFICO CON DOMINI DI RESISTENZA	65
7	CONCLUSIONE E INCIDENZE	68
8	MURI DI SOSTEGNO ADIACENTI	69
9	ALLEGATI DI CALCOLO	70

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 4 di 72</p>
---	--

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Corografia generale con inquadramento dell'opera</i>	7
<i>Figura 2: Inquadramento geografico del sito</i>	9
<i>Figura 3-Pianta del sottovia alla pk 3+550</i>	20
<i>Figura 4- Sezione tipo sottovia scatolare</i>	20
<i>Figura 5- Posizione del sistema di riferimento globale e locale utilizzato</i>	21
<i>Figura 6- Sezione tipo scatolare</i>	21
<i>Figura 7- Carico permanente portato G_solettone fondazione</i>	22
<i>Figura 8- Spinta statica del terreno</i>	23
<i>Figura 9- Carico tipico da ritombamento per la sezione tipo 1</i>	24
<i>Figura 10- Carico dell'acqua per la sezione tipo 1</i>	25
<i>Figura 11- Schema di carico 1 §5.1.3.3.5 - NTC2018</i>	26
<i>Figura 12- Carico veicolare soletta superiore Q_Tandem max campata; Q_Tandem max appoggio</i>	27
<i>Figura 13- Carico veicolare interno Q_veic_int</i>	28
<i>Figura 14- Carico del ritiro e viscosità</i>	30
<i>Figura 15- Carico termico giornaliero $\pm 5^{\circ}\text{C}$ sullo spessore del rivestimento</i>	31
<i>Figura 16- Carico termico stagionale $\pm 10^{\circ}\text{C}$</i>	32
<i>Figura 17- Carico sismico del terreno da sinistra</i>	34
<i>Figura 18- Carico sismico del terreno da sinistra</i>	34
<i>Figura 19- Carico sismico del terreno di ritombamento</i>	35
<i>Figura 20- Carico sismico inerziale in direzione orizzontale da sinistra</i>	35
<i>Figura 21- Carico sismico inerziale in direzione orizzontale da destra</i>	36
<i>Figura 22- Carico sismico inerziale in direzione verticale</i>	36
<i>Figura 23- M involuppo SLU-SLV</i>	42
<i>Figura 24- V involuppo SLU-SLV</i>	43
<i>Figura 25- N involuppo SLU-SLV</i>	44
<i>Figura 26- M involuppo SLE_F</i>	45
<i>Figura 27- N involuppo SLE_F</i>	46

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 5 di 72</p>
---	--

Figura 28- M involuppo SLE_QP.....	47
Figura 29- N involuppo SLE_QP.....	48
Figura 30- M involuppo SLE_R.....	49
Figura 31- N involuppo SLE_R.....	50
Figura 32: sezioni soggette a verifica	61
Figura 33: sezione incastro della soletta superiore	sezione mezzeria della soletta superiore 62
Figura 34: sezione incastro inferiore del piedritto	sezione mezzeria e incastro superiore del piedritto
.....	62
Figura 35: sezione incastro soletta di fondazione	sezione mezzeria soletta di fondazione 63

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 6 di 72</p>
---	--

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1- Rigidezza delle molle sulla soletta di fondazione.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabella 2- Rigidezza delle molle sui piedritti</i>	<i>19</i>
<i>Tabella 3- Spinta del terreno</i>	<i>23</i>
<i>Tabella 4-Parametri sismici</i>	<i>33</i>
<i>Tabella 5-Coefficienti utilizzati per le sollecitazioni SLU.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabella 6-Coefficienti utilizzati per le sollecitazioni SLV</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 7-Coefficienti utilizzati per le sollecitazioni SLE Rara</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 8-Coefficienti utilizzati per le sollecitazioni SLE Frequente</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 9-Coefficienti utilizzati per le sollecitazioni SLE Quasi permanente.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 11-verifiche rilevanti a SLU</i>	<i>63</i>
<i>Tabella 12-verifiche rilevanti a SLE-Freq.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabella 13-verifiche rilevanti a SLE-Q.Permanente</i>	<i>64</i>
<i>Tabella 10-Incidenze armature.....</i>	<i>68</i>

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 7 di 72</p>
---	--

1 INTRODUZIONE

Il progetto in oggetto rientra nei lavori della nuova SS389 della quale sono stati già realizzati i tratti a nord dello svincolo di Villagrande Strisaili.

L'intervento prevede una variante della SS389 nel tratto tra Villagrande Strisaili e Arzana, a due corsie (categoria C ex DM 05.11.2001) per un'estensione di circa 6 Km. La variante si sviluppa nell'ambito del corridoio già interessato dalla statale esistente, e prevede la realizzazione di diversi viadotti ed opere di sostegno, oltre a svincoli di allaccio alla statale esistente. L'opera migliora le caratteristiche geometriche della strada statale, che presenta attualmente elevata tortuosità, incrementando il livello di sicurezza in esercizio.

Il presente elaborato tratta gli aspetti strutturali e geotecnici del sottovia alla pk 3+550.

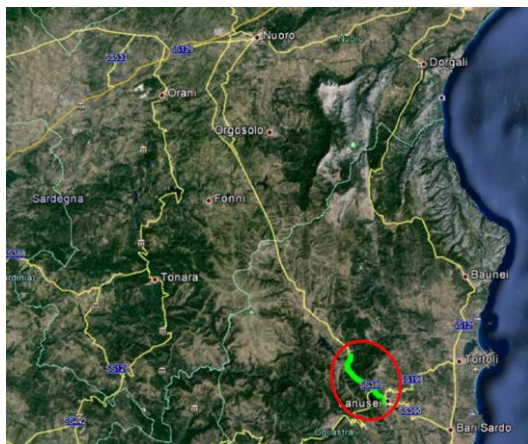


Figura 1: Corografia generale con inquadramento dell'opera

<p style="text-align: center;">ANAS S.p.A.</p> <p style="text-align: center;">S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p style="text-align: center;">Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p><i>File:</i> T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p><i>Data:</i> Agosto 2020</p> <p><i>Pag.</i> 8 di 72</p>
---	--

1.1 Oggetto e scopo

L'oggetto della presente relazione è il dimensionamento, geotecnico e strutturale, del sottovia alla pk 3+550, realizzato con uno scatolare in c.a.. Nella presente relazione sono riportate le verifiche geotecniche e strutturali del manufatto, condotte ai sensi della normativa vigente (NTC2018). Il documento è articolato come segue:

1. Introduzione: presenta sinteticamente le opere di progetto,
2. Documenti di riferimento: elenca i documenti correlati al documento in oggetto, le normative, la bibliografia di riferimento ed il software di calcolo utilizzato,
3. Materiali: riporta i materiali previsti per il progetto,
4. Analisi numeriche: contenente i criteri di calcolo, la geometria di calcolo e l'analisi dei carichi,
5. Verifiche: strutturali e geotecniche
6. Conclusione: riassume i risultati delle analisi e verifiche effettuate,
7. Allegati di calcolo: riporta gli output del software e dei fogli di calcolo utilizzati.

Lo scatolare sarà adagiato su un letto di calcestruzzo a basso dosaggio "magrone".

La presente relazione di calcolo prende in considerazione le azioni tipiche di una struttura interrata con le aggiunte delle azioni di tipo stradale, con applicazione della Normativa sui ponti stradali D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 9 di 72</p>
---	--

1.2 Breve descrizione del progetto

L'area interessata dal progetto fa parte dei Comuni di Villagrande Strisaili e Arzana (Figura 2). Il progetto in oggetto rientra nei lavori della nuova S.S. 389 della quale sono stati già realizzati i tratti a nord dello svincolo di Villagrande Strisaili. L'intervento prevede una variante della S.S. 389 nel tratto tra Villagrande Strisaili e Arzana, a due corsie (categoria C ex DM 05.11.2001) per una lunghezza di circa 6 km. La variante si sviluppa nell'ambito del corridoio già interessato dalla statale esistente, e prevede la realizzazione di diversi **viadotti** ed **opere di sostegno**, oltre a **svincoli** di allaccio alla statale esistente. L'opera migliora le caratteristiche geometriche della strada statale, che presenta attualmente elevata tortuosità, incrementando il livello di sicurezza in esercizio.

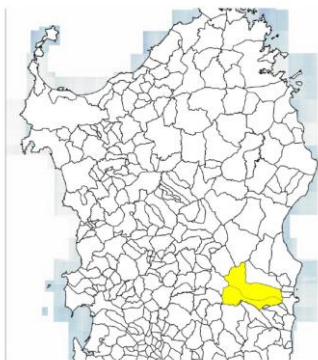


Figura 2: Inquadramento geografico del sito

Il tracciato si sviluppa per una lunghezza di circa 6 km e collega l'incrocio tra la S.S. 389 con la strada comunale per Villagrande Strisaili con l'incrocio tra la stessa statale e la strada comunale per Arzana.

La piattaforma stradale è relativa alle strade extraurbane di tipo C1. Nei punti di raccordo con la strada comunale per Villagrande Strisaili e la strada comunale per Arzana di raccordo con la vecchia S.S. 389, è prevista la realizzazione di svincoli stradali in accordo con la normativa vigente. Il tracciato si sviluppa lungo il medesimo percorso dell'attuale sede stradale che verrà interferita nei tratti di incrocio e sono previste opere d'arte maggiori e minori con funzioni di scavalco, deflusso delle acque e passaggio della fauna.

Nello specifico, il tracciato presentato ad ANAS nella Relazione Descrittiva del 19.12.2019 prevede:

- la realizzazione di 7 viadotti di luce variabile da un minimo di 40.00 m ad un massimo di circa 260.00 m;
- la realizzazione di 3 tratti in galleria artificiale;
- realizzazione di due intersezioni a raso con rotatoria.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 10 di 72</p>
---	---

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Riferimenti normativi

- [1] D. M. Min. Il. TT. del 17 gennaio 2018– Norme tecniche per le costruzioni;
- [2] CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 “Istruzione per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- [3] UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;
- [4] UNI EN 1991-2-4 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- [5] UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale- Parte 1-1: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- [6] UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1) – Marzo 2005 – Azioni sulle strutture- Parte 2: “Carico da traffico sui ponti”;
- [7] UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”;
- [8] UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: “Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”;
- [9] UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Ottobre 1993: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- [10] UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;
- [11] UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- [12] UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”;
- [13] UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- [14] Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- [15] UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”;
- [16] UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1;
- [17] UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- [18] CNR 10024/86 – Analisi mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p><i>File:</i> T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p><i>Data:</i> Agosto 2020</p> <p><i>Pag.</i> 11 di 72</p>
---	---

2.2 DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

							Opere d'arte minori				
T	0	0	ON	0	0	STR	DT	0	1	A	Tabella materiali e incidenze

							Sottovia progr. Km 3+550,00				
T	0	0	ST	0	1	STR	RE	0	1	A	Relazione tecnica e di calcolo opere minori - Sottovia
T	0	0	ST	0	1	STR	DI	0	1	A	Planimetria e sezioni
T	0	0	ST	0	1	STR	CP	0	1	A	Carpentene
T	0	0	ST	0	1	STR	PV	0	1	A	Scavi - Planimetria e sezioni

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p><i>File:</i></p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p><i>Data:</i> Agosto 2020</p> <p><i>Pag.</i> 12 di 72</p>
---	--

2.3 Bibliografia

- [19] Bustamante M. et Doix B., "Une méthode pour le calcul des tirants et des *micropieux injectés*", Bulletin liaison LCPC, Nov. - Dec. 1985.
- [20] Caquot A., Kerisel J. [1948] "Tables for the calculation of passive pressure, active pressure and bearing capacity of foundations" Gautiers-Villars, Paris.
- [21] Lancellotta R. (2007), "Lower Bound approach for seismic passive earth resistance", Geotechnique, Technical Note, 57, 1-3.
- [22] Mueller-Breslau (1906), "Erddruck an Stuetzmaern" Kroener.
- [23] Mononobe N. (1929) "Earthquake-proof construction of masonry dams", Proc. of World Engineering Conference, vol.9, p.275.
- [24] NAVFAC (1982), "Foundations and earth Structures. Design manual 7.2". Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command.
- [25] Seed, H.B. and Whitman, R.V. (1970). Design of earth retaining structures for dynamic loads. *Proceedings*, ASCE Specialty Conference on Lateral Stresses in the Ground and Design of Earth Retaining Structures. 103-147.
- [26] Taylor, D.W. (1948). Fundamental of soil mechanics. John Wiley, New York

2.4 Software di calcolo

- [27] CSI - Sap 2000, ver. 21
- [28] GeoStru-RC-SEC, ver.2021.11.0.1006

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 13 di 72</p>
---	---

3 MATERIALI

3.1 Conglomerato cementizio per sottofondazioni

Tipo calcestruzzo	C12/15
Rck (MPa)	15
$f_{ck}=0.83 \cdot R_{ck}$ (MPa)	12.45
Classe di esposizione	-
Classe di consistenza	S4/S5
Copriferro minimo (mm)	-
Contenuto minimo di cemento (kg/m ³)	150.00

3.2 Conglomerato cementizio strutturale scatolari

Tipo calcestruzzo	C30/37
Rck (MPa)	35
$f_{ck}=0.83 \cdot R_{ck}$ (MPa)	29.05
$f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$ (MPa)	16.5
$f_{ctm}=0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$ (MPa)	84.4
$f_{ctk,0.05}=0.7 \cdot f_{ctm}$ (MPa)	59.1
$f_{ctd}=f_{ctk,0.05} / \gamma_c$ (MPa)	39.4
$\sigma_{c,rara}=0.6 \cdot f_{ck}$ (MPa)	17.43
$\sigma_{c,q.p.}=0.45 \cdot f_{ck}$ (MPa)	13.07
Classe di esposizione	XC3
Classe di consistenza	S4
Copriferro minimo (mm)	40
Diametro massimo aggregato (mm)	25

3.3 Conglomerato cementizio fondazioni muri

Tipo calcestruzzo	C25/30
Rck (MPa)	30
$f_{ck}=0.83 \cdot R_{ck}$ (MPa)	24.9
$f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$ (MPa)	14.1
$f_{ctm}=0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$ (MPa)	2.56
$f_{ctk,0.05}=0.7 \cdot f_{ctm}$ (MPa)	1.79
$f_{ctd}=f_{ctk,0.05} / \gamma_c$ (MPa)	1.19
$\sigma_{c,rara}=0.6 \cdot f_{ck}$ (MPa)	14.9
$\sigma_{c,q.p.}=0.45 \cdot f_{ck}$ (MPa)	11.1
Classe di esposizione	XC2

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia	<i>File:</i> T00_ST01_STR_RE01_A <i>Data:</i> Agosto 2020 <i>Pag.</i> 14 di 72
--	---

Classe di consistenza	S4
Copriferro minimo (mm)	40
Diametro massimo aggregato (mm)	25

3.4 Conglomerato cementizio paramenti muri

Tipo calcestruzzo	C32/40
R_{ck} (MPa)	40.0
$f_{ck}=0.83 \cdot R_{ck}$ (MPa)	33.2
$f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c$ (MPa)	18.8
$f_{ctm}=0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$ (MPa)	3.1
$f_{ctk,0.05}=0.7 \cdot f_{ctm}$ (MPa)	2.2
$f_{ctd}=f_{ctk,0.05}/\gamma_c$ (MPa)	1.45
$\sigma_{c,rara}=0.6 \cdot f_{ck}$ (MPa)	19.9
$\sigma_{c,q.p.}=0.45 \cdot f_{ck}$ (MPa)	14.9
Classe di esposizione	XC4
Classe di consistenza	S4
Copriferro minimo (mm)	40
Diametro massimo aggregato (mm)	25

3.5 Acciaio per cemento armato

Tipo acciaio	B450C
f_{yk} (MPa)	450
f_{tk} (MPa)	540
γ_s (-)	1.15
$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s$ (MPa)	391

3.6 Copriferro minimo e copriferro nominale

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro. Il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale c_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$.

La tolleranza di posizionamento delle armature h , per le strutture gettate in opera, può essere assunta pari ad almeno 10 mm. Considerata la classe di esposizione ambientale dell'opera, si adotta un copriferro minimo pari a 30 mm, pertanto $c_{nom}=40$ mm, valore valido per tutte le parti di struttura.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 15 di 72</p>
---	---

4 ANALISI NUMERICHE

4.1 CRITERI DI CALCOLO

In ottemperanza al D.M. del 17.01.2018 (Norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite.

4.1.1. Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al Cap. 2 delle NTC. Gli stati limite ultimi delle opere interrato si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

I carichi sono denominati:

- G_k valore caratteristico del carico permanente, costituito dai pesi propri e dalla pressione del terreno,
- Q_k valore caratteristico di carichi accidentali di tipo stradale,
- E azione sismica.

Come già anticipato, le verifiche sono tutte effettuate nei riguardi degli stati limite ultimi SLU, sismici SLV e di esercizio SLE. Gli stati limite introducono dei coefficienti moltiplicativi γ sulle azioni di calcolo, generalmente maggiori dell'unità.

Parimenti per le resistenze dei materiali si introducono dei coefficienti riduttivi applicati alle resistenze dei materiali.

Combinazione fondamentale agli SLU

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i>1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

Combinazione sismica SLV

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

Combinazione agli SLE

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{Frequente} \Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

$$\text{Quasi permanente} \Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

$$\text{Rara} \Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 16 di 72</p>
---	---

4.1.2. Programma di calcolo

L'analisi strutturale è stata svolta con il programma di calcolo Sap2000 della CSI, un software agli elementi finiti per l'analisi strutturale che permette di eseguire analisi lineari e non lineari di strutture bidimensionali e tridimensionali.

Il software prevede 5 fasi per il calcolo delle strutture:

1. definizione della geometria,
2. definizione ed assegnazione dei materiali e proprietà degli elementi strutturali,
3. applicazione dei carichi e creazione della loro combinazione,
4. esecuzione dell'analisi,
5. rappresentazione dei risultati.

Viene analizzata ciascun'opera, al fine di analizzare la differente geometria e copertura di terreno presente. La struttura viene simulata secondo un modello ad elementi finiti bidimensionale costituito da elementi beam, definiti sulla linea d'asse della carpenteria di rivestimento, di spessore pari allo spessore corrente nella sezione. La discretizzazione utilizzata comporta elementi di lunghezza approssimativamente 0.4-0.5 m in funzione della geometria dello scatolare in oggetto, in modo da ottenere un nodo nella mezzeria di ciascun beam.

Per la modellazione del terreno si utilizzano:

- molle non lineari reagenti a sola compressione, applicate agli elementi beam di soletta inferiore e piedritti,
- molle lineari lungo la soletta inferiore (per evitare spostamenti orizzontali in quanto la struttura è confinata dal terreno) di modulo di rigidità pari a 3300 kN/m³ (dimensione arbitraria successivamente verificata valutando che le forze generate sulla struttura siano inferiori a tale valore).

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione. CSI (Computers and Structures, Inc.), quale produttore del software, ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche. E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <http://www.csi-italia.eu/software/sap2000/manuali-in-italiano>.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$K * u = F$$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p><i>File:</i> T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p><i>Data:</i> Agosto 2020</p> <p><i>Pag.</i> 17 di 72</p>
---	---

dove K = matrice di rigidezza, u = vettore spostamenti nodali e F = vettore forze nodali.

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso. Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

Modalità di presentazione dei risultati

La presente relazione illustra in modo esaustivo i dati in ingresso e i risultati delle analisi in forma tabellare seguendo tale ordine:

1. modello solido della struttura,
2. geometria 2D e numerazione degli elementi,
3. configurazioni di carico statiche,
4. configurazioni di carico sismiche,
5. combinazioni di carico,
6. diagrammi e involuipi delle sollecitazioni,
7. verifica degli elementi,
8. Incidenza delle armature previste.

Informazioni generali sull'elaborazione e giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità attraverso:

- il contro calcolo manuale delle situazioni elementari approssimabili a quelle modellate,
- il confronto con i risultati di progetti simili.

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

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 18 di 72</p>
---	---

4.2 PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DELLE STRUTTURE

Per quanto riguarda l'inquadramento generale dei terreni interessati dall'opera in oggetto, il quadro delle indagini geotecniche eseguite e la stratigrafia di progetto, si rimanda al documento "Relazione Geotecnica Generale".

Il manufatto, da profilo geotecnico, si intesta sulla formazione definita CA. Per le caratteristiche geomeccaniche del terreno di fondazione si assumono pertanto i seguenti parametri:

- Peso proprio terreno $\gamma_t = 20 \text{ KN/m}^3$,
- Angolo di attrito interno $\phi = 38.5^\circ$,
- Coesione $c = 0 \text{ kPa}$,
- Modulo di Young:
- ~~Sopra la fondazione pari a 30 MPa,~~
- ~~Sotto la fondazione pari a 20 MPa.~~

(a favore di sicurezza si trascura il contributo della coesione)

~~Il coefficiente di spinta a riposo usato per il calcolo dello spinto del terreno vale: $K_0 = 1 - \sin\phi = 0.426$~~

Il modello del terreno di fondazione si assume essere secondo la teoria di Winkler e si considera la seguente metodologia per il calcolo dei valori del modulo di sottofondo:

- per la soletta superiore ed i paramenti verticali $k = \frac{E'}{B(1-\nu^2)} i$
- per la soletta inferiore $k = \frac{E'}{B(1-\nu^2)c_t} i$

con:

- B = lunghezza del tratto rettilineo di carpenteria. Per l'arco rovescio è pari alla dimensione trasversale totale, trascurandone la curvatura
- i = interasse tra le bielle
- ν = coefficiente di Poisson
- E' = modulo elastico del mezzo di contorno
- c_t = coefficiente di forma della fondazione; relazioni cfr. Bowles (1960), con L = lato maggiore della fondazione:

Fondazione rettangolare con $L/B \leq 10$ $c_t = 0.853 + 0.534 \ln\left(\frac{L}{B}\right)$

Fondazione rettangolare con $L/B > 10$ $c_t = 2 + 0.0089 \frac{L}{B}$

Per il terreno di riempimento che va a costituire il rilevato stradale si è considerato:

- ~~Modulo di Young: 30 MPa~~

Formattato

Formattato: Rientro: Sinistro: 1,27 cm, Nessun elenco puntato o numerato

Formattato: Evidenziato

Formattato: Tipo di carattere: (Predefinito) Calibri, Non Corsivo

Formattato: Non Evidenziato

Formattato: Paragrafo elenco; titolo 2; List Paragraph; Paragrafo elenco3; Paragrafo elenco11, Puntato + Livello:1 + Allinea a: 0,63 cm + Imposta un rientro di: 1,27 cm

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 19 di 72</p>
---	---

RIGIDENZE MOLLE SOLETTA FONDAZIONE	
E sotto fondazione (MPa)	20
v (-)	0.3
L (m)	12
B(m)	12
L/B (-)	1.00
ct (-)	0.85
k sol.fond=$E/(b*c_t*(1-v^2))$ (Mpa)	2150

Tabella 1- Rigidezza delle molle sulla soletta di fondazione

RIGIDENZE MOLLE PIEDRITTI	
E sopra fondazione (MPa)	30
v	0.3
L (m)	12
B (m)	8
L/B (-)	3.00
ct (-)	1.44
k sol.inf=$E/(b*(1-v^2))$ (KN/m2)	8240

Tabella 2- Rigidezza delle molle sui piedritti

In accordo alla comune prassi progettuale, per la stima della molla sui piedritti si è considerata metà dell'altezza dei piedritti stessi, per considerare la presenza di carichi triangolari in luogo degli usuali rettangolari sulle platee di fondazione.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 20 di 72</p>
--	---

4.3 GEOMETRIA DELLA SEZIONE TIPO

Il sottovia è composto da uno scatolare rettangolare in c.a. di lunghezza 12 m (Figura 3) con i seguenti spessori (Figura 4):

- 1.00 m nella soletta superiore e i piedritti,
- 1.10 m nella soletta di fondazione.

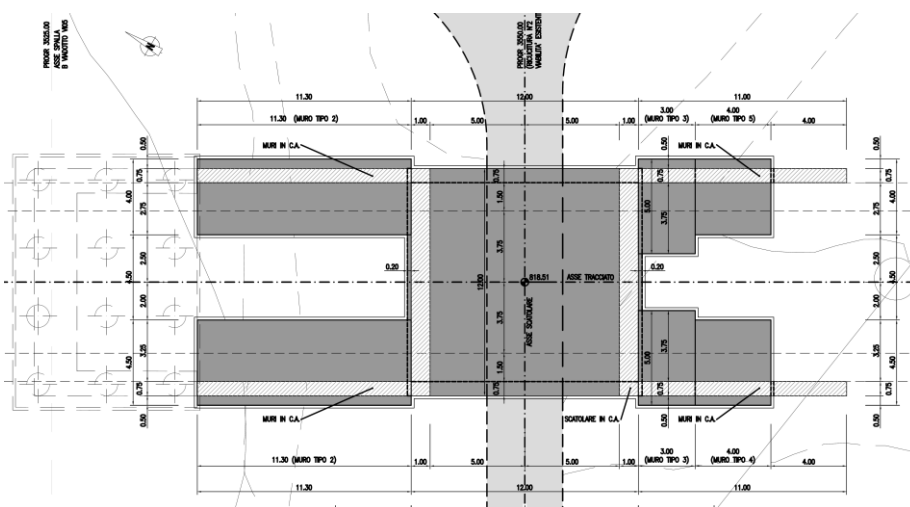


Figura 3-Pianta del sottovia alla pk 3+550

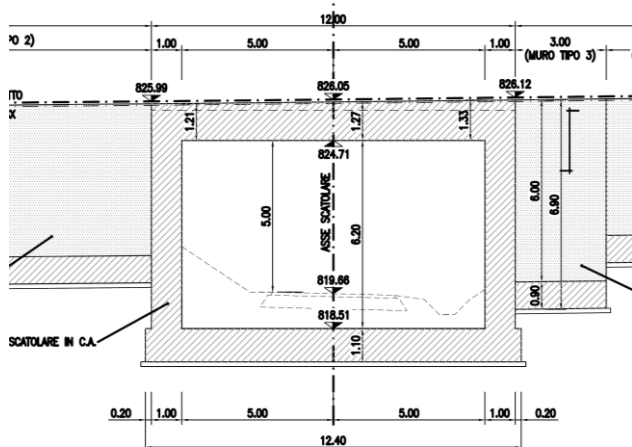


Figura 4- Sezione tipo sottovia scatolare

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 21 di 72</p>
---	---

4.3.1. Modellazione adottata

Il sistema di riferimento globale del modello viene assunto con origine degli assi in corrispondenza del centro geometrico della struttura in 2D. Gli assi del sistema di riferimento locale degli elementi beam sono rispettivamente:

- X, quello rappresentato in rosso in Figura 5,
- Z, quello rappresentato in verde ed è sempre rivolto:
 - Per la soletta superiore, verso l'esterno della struttura,
 - Per i piedritti, verso l'interno della struttura,
 - Per la soletta inferiore, verso l'interno della struttura.

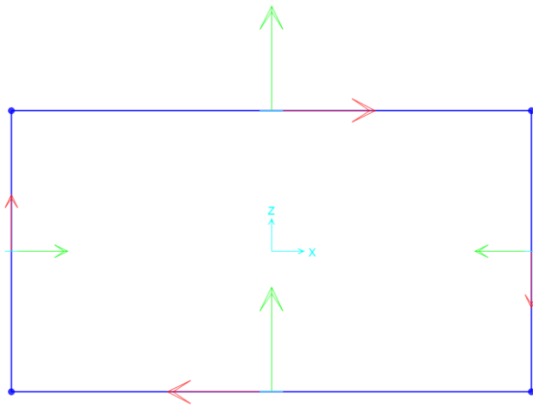


Figura 5- Posizione del sistema di riferimento globale e locale utilizzato

La modellazione strutturale è stata effettuata adottando elementi beam su una profondità di 1 metro(Figura 6).

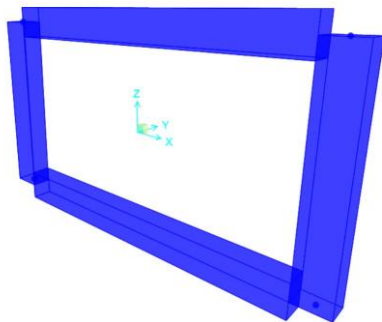


Figura 6- Sezione tipo scatolare

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 22 di 72</p>
---	---

4.4 ANALISI DEI CARICHI

I nomi dei casi di carico vengono indicati di volta in volta nei sotto capitoli seguenti. I valori dei carichi indicati corrispondono ai valori caratteristici.

4.4.1. **Peso proprio strutturale**

Caso di carico: G_pp

Il peso proprio strutturale viene calcolato automaticamente dal programma secondo il seguente valore del peso specifico del materiale: $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$.

4.4.2. **Carico permanente portato**

Caso di carico: G_solettone fondazione

Si è posto un carico di 20 kN/m sul solettone di fondazione pari a 1 m di materiale sopra di esso avente un $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$.

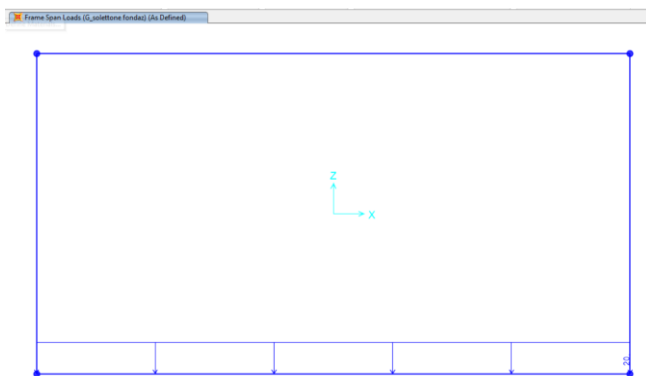


Figura 7- Carico permanente portato G_solettone fondazione

4.4.3. **Spinte sulle pareti laterali e sulle solette**

Si hanno rispettivamente la spinta del terreno e la spinta dovuta al sovraccarico stradale.

In via cautelativa si è considerato un angolo di attrito del terreno di riempimento pari a 35°.

Il coefficiente di spinta a riposo usato per il calcolo delle spinte del terreno vale: $K_0 = 1 - \sin\phi = 0.426$.

Formattato: Non Evidenziato

ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia	File: T00_ST01_STR_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 23 di 72
--	--

4.4.3.1 Spinta terreno

Caso di carico: G_sp terr

La pressione alla generica quota H, viene calcolata con la seguente formula: $P_z = \gamma_{\tau} \cdot H \cdot K_a \cdot 1m$

La

Tabella 3 e la Figura 8 mostrano i risultati ottenuti. Ai fini delle combinazioni di calcolo, tale spinta viene considerata come carico permanente portato.

pk scatolare (m)	Tipo 1
z rit.=z1 (m)	0.41
$k0=1-\sin(\phi)$ (-)	0.42626
$S_{rit}=\gamma \cdot z \cdot rit \cdot b$ m (kN/m)	10.25
h (m)	8.3
CASO CON FALDA DALL'ASSE SOLETTA SUP.	
$G_{_sp \text{ terr},1}=\gamma \cdot z \cdot rit \cdot k0 \cdot b$ m (kN/m)	4.3
$G_{_sp \text{ terr},2}=\gamma \cdot z^2 \cdot k0 \cdot b$ m (kN/m)	59.1
CASO SENZA FALDA.	
$G_{_sp \text{ terr},1}=\gamma \cdot z \cdot rit \cdot k0 \cdot 1$ m (kN/m)	4.3
$G_{_sp \text{ terr},2}=\gamma \cdot z^2 \cdot k0 \cdot 1$ m (kN/m)	66

Tabella 3- Spinta del terreno



Figura 8- Spinta statica del terreno

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 24 di 72</p>
---	---

4.4.3.2 Peso ritombamento

Caso di carico: G_ritomb

Si sono considerati il seguente ricoprimento: 0.41 m come il massimo rilevato, il carico nel modello è rappresentato nella Figura 9.

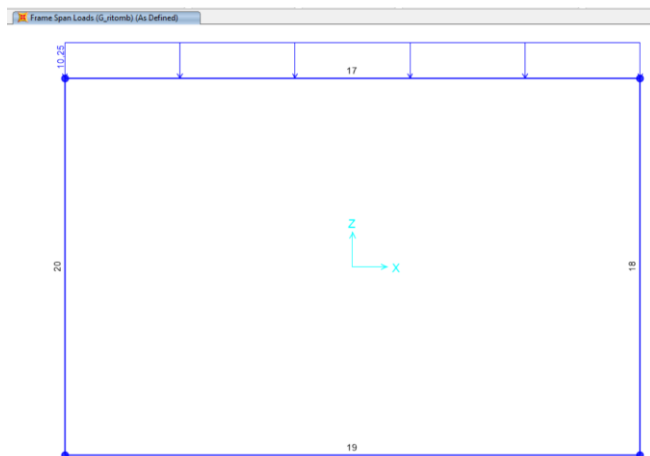


Figura 9- Carico tipico da ritombamento per la sezione tipo 1

4.4.3.3 Spinte e sotto-spinta idraulica

La falda è stata posta a 1.55 m dall'asse della soletta di fondazione.

Dal profilo geotecnico:

p.c. a circa		+822.00m
falda a 2.50 dal p.c.		+819.50m
fondo scavo		+817.26m
magro	15cm	
solettone	110cm	
asse soletta	817.26+.15+.55	+817.96m

Falda a +1.54 dall'asse soletta; arrotondato a 1.55m.

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File: T00_ST01_STR_RE01_A Data: Agosto 2020 Pag. 25 di 72</p>
---	--



Figura 10- Carico dell'acqua per la sezione tipo 1

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 26 di 72</p>
---	---

4.4.3.4 Sovraccarico-Carico stradale soletta superiore

Casi di carico: Q Tandem max campata ; Q Tandem max appoggio

Si è fatto riferimento allo Schema di Carico 1 (Load model 1 [LM1]) delle Normative Tecniche, considerando i carichi concentrati su due assi in tandem e carichi uniformemente distribuiti. I valori assunti dai carichi (comprensivi degli effetti dinamici) per le diverse corsie e le caratteristiche geometriche delle impronte di pneumatico sono riportati nella figura seguente.

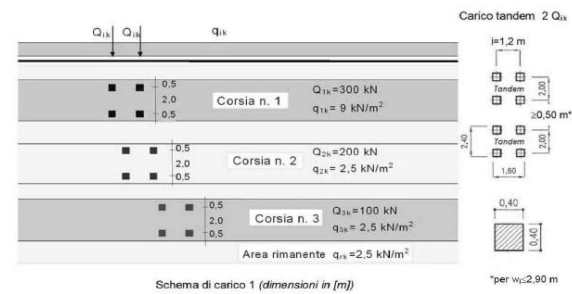
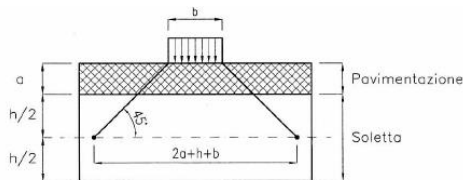


Figura 11- Schema di carico 1 §5.1.3.3.5 - NTC2018.

Nel nostro caso quindi l'azione considerata sarà quella definita dal carico agente sulla corsia n.1 che risulta essere la più gravosa.

La diffusione verticale dei carichi puntuali è valutata, in accordo alle NTC, da estradosso pavimentazione fino al piano medio della soletta, con angolo di dispersione pari a 45°.



I carichi concentrati previsti dallo schema di carico 1 sono quindi applicati su un'impronta quadrata di lato 190 cm. Per cui sul modello avremo una forza concentrata pari a 150 KN / 1.9 m.

Gli schemi di carico presi in considerazione sono atti a massimizzare le azioni in campata e in appoggio.

Formattato: ART Corpo del testo

Formattato: Normale

Formattato: Controllo ortografia e grammatica

Formattato: Tipo di carattere: 9 pt

Formattato: Tipo di carattere: (Predefinito) Arial

Formattato: Tipo di carattere: (Predefinito) Arial

Formattato: Tipo di carattere: (Predefinito) Arial

Formattato: Normale

Formattato: Tipo di carattere: 11 pt

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File: T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 27 di 72</p>
---	--

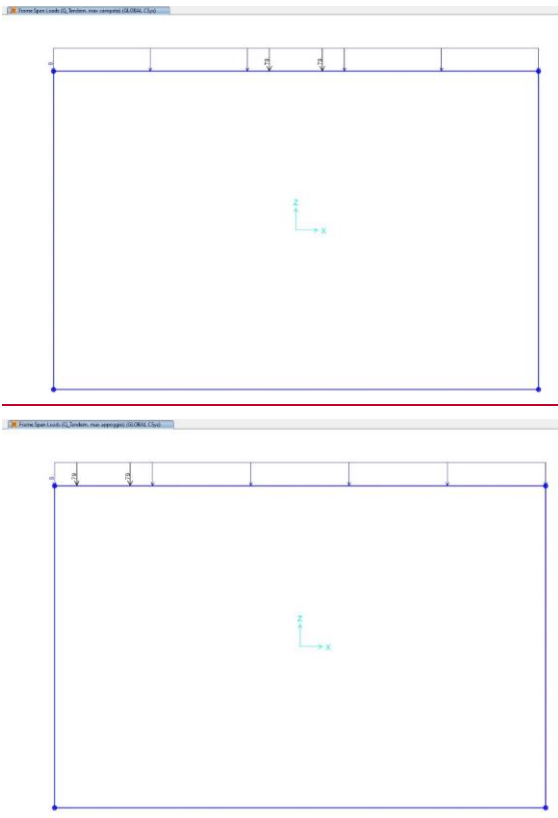


Figura 12- Carico veicolare soletta superiore Q Tandem max campata; Q Tandem max appoggio

4.4.3.4

4.4.3.5 Sovraccarico-Carico stradale sulle solette inferiori

Casi di carico: ~~Q_{strad}~~, ~~sol~~ e ~~Q_{veic}~~ int

~~Sono~~ è stato applicato i i carichi veicolari:

- ~~Sulla soletta superiore: Q_{strada} sup di 10 kN/m~~
- Sulla soletta inferiore: Q_{veic} di 20 kN/m

Formattato: ART Corpo del testo

Formattato: Tipo di carattere: Arial

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File: T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 28 di 72</p>
---	--

Frame Span Loads (Q_veic) [As Defined]

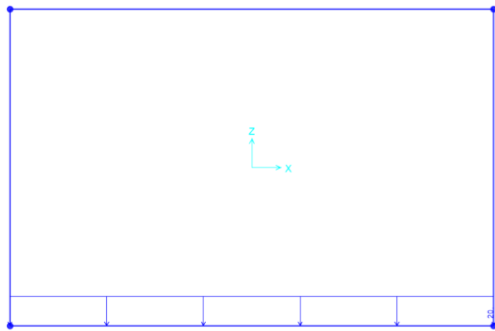


Figura 13- Carico veicolare superiore $Q_{strad-sup}$ (a sinistra) e carico veicolare interno Q_{veic_int} (a destra)

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 29 di 72</p>
---	---

4.4.4. Ritiro e viscosità

Caso di carico: G1_ritiro

Il carico viene applicato alla sola soletta di copertura che, gettata in una seconda fase rispetto alla parte inferiore dell'edificio, avendo deformazione impedita dai muri, è soggetta a coazioni di trazione dovute al ritiro.

Il fenomeno viene modellato attraverso l'applicazione di un carico termico negativo uniforme che fornisce il medesimo stato di coazione dovuto al fenomeno di ritiro. Si applica quindi un carico termico equivalente pari a: $\Delta T_{eq} = \frac{\epsilon_{cs}}{\alpha_T}$

con: $\epsilon_{cs}(t, t_0) = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$ = deformazione da ritiro finale, ovvero autogeno e di essiccamento (a lungo termine)

$$\alpha_T = \text{coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo} = 10^{-5}$$

Secondo quanto indicato nel §4.1.1.1 delle NTC 2018, per la determinazione degli effetti del ritiro e delle azioni termiche si considerano rigidzze ridotte per tener conto in modo approssimato della fessurazione. In particolare, per gli SLU si assume che la rigidzza della sezione fessurata sia il 50% di quella interamente reagente; per gli SLE, una rigidzza pari al 75% di quella piena.

Conviene ridurre la rigidzza in modo equivalente applicando il coefficiente riduttivo sopra indicato al delta termico invece che al modulo elastico, in quanto il comportamento è lineare. Ciò nel seguito viene implementato tramite i coefficienti di combinazione.

L'analisi delle sollecitazioni viene svolta per una striscia di larghezza unitaria assumendo:

$$h_0 = 2 \times A/u \text{ (m)}$$

dove h0 rappresenta la dimensione fittizia ai fini della valutazione.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 30 di 72</p>
---	---

Deformazione da ritiro:

calcestruzzo: C30/37

umidità relativa: U.R. = 60%

$$k_h = 0.7$$

$$\varepsilon_{cd}(t = 0) = \varepsilon_{cd,0} = 0.51 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{cd}(t = \infty) = k_h * \varepsilon_{cd,0} = 0.7 * 0.51 \text{ ‰} = 0.35 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{ca}(t = \infty) = 2.5 (f_{ck} - 10) * 10^{-6} = 2.5 * (0.83 * 30 - 10) * 10^{-6} = 0.052 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{ca} + \varepsilon_{cd} = 0.406 \text{ ‰}$$

$$\Phi(\infty, t_0) = \text{media}(\Phi_{3 \text{ giorni}}, \Phi_{7 \text{ giorni}}) = \text{media}(2.55; 2.8) = 2.55$$

Il ritiro viene considerato nel calcolo delle sollecitazioni come un'azione termica applicata alla soletta superiore di intensità (Figura 14) pari a:

$$G_{ritiro} = \Delta T = - \varepsilon_{cs} / (\alpha_T * (1 + \Phi)) = - 0.406 \text{ ‰} / [10^{-5} * (1 + 2.55)] \approx -11 \text{ °C}$$



Figura 14- Carico del ritiro e viscosità

4.4.5. Carico termico giornaliero

Caso di carico: Qgio_+5 e Qgio_-5

Si considera una variazione termica giornaliera $\Delta T = \pm 5 \text{ °C}$, applicata tra intradosso ed estradosso della sezione nei piedritti e nella soletta superiore. In SAP2000 il gradiente termico viene applicato in funzione dello spessore dell'elemento frame. Pertanto, per ottenere un ΔT giornaliero pari a $\pm 5 \text{ °C}$ (Figura 15) e considerando le sezioni degli elementi in oggetto di spessore minore, ovvero soletta superiore e piedritti, pari a 1 m, si è applicato un gradiente:

$$\Delta T^* = \Delta T / s = \pm 5 / 1 = \pm 5 \text{ °C/m}$$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File: T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 31 di 72</p>
---	--

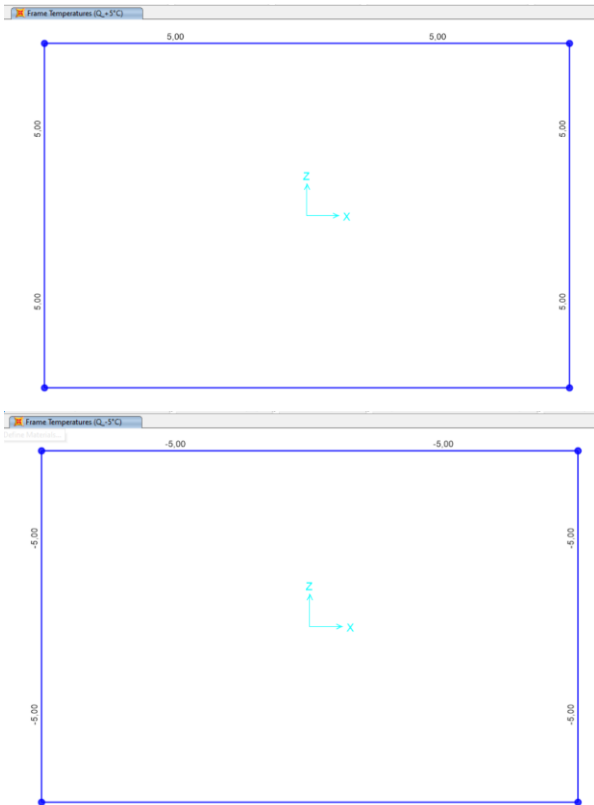


Figura 15- Carico termico giornaliero $\pm 5^{\circ}\text{C}$ sullo spessore del rivestimento

4.4.6. Carico termico stagionale

Caso di carico: $Q_{\text{stag_}+10}$ e $Q_{\text{stag_}-10}$

Si fa riferimento alle NTC 2018 – § 3.5.5 “Azioni termiche sugli edifici”. Si tiene conto della sola componente uniforme dell’azione termica, ricavata dalla Tab. 3.5.II.

Per quanto riguarda la variazione stagionale, si considera un carico termico uniforme $T = \pm 10^{\circ}\text{C}$ (Figura 16).

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File: T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 32 di 72</p>
---	--

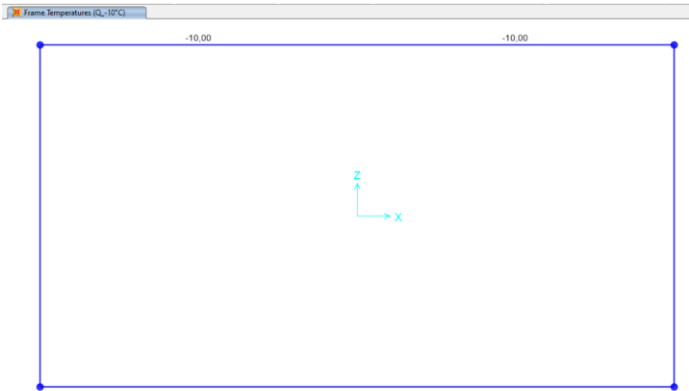
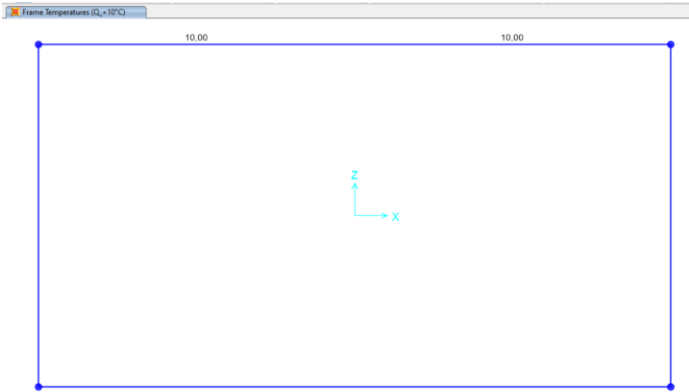


Figura 16- Carico termico stagionale $\pm 10^{\circ}\text{C}$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 33 di 72</p>
---	---

4.4.7. Caratterizzazione sismica del sito

Sulla base dell'andamento dei valori della velocità delle onde di taglio ricavati dai risultati delle prove "down – hole" effettuate nei primi 30 m dal p.c., si ottiene una categoria di sottosuolo B. I parametri sismici sono calcolati con le formule da normativa ed i risultati sono visibili nella Tabella 4.

Vita nominale per costruzioni con livelli di prestazione ordinari V_N (anni)	50
Coefficiente d'uso C_U (-)	2
Periodo di riferimento: $V_R = V_N \times C_U$ (anni)	100
Stato limite ultimo sismico utilizzato	SLV
Probabilità di superamento associata allo stato limite sismico	10%
Periodo di ritorno: $TR = - V_R / \ln(1 - PVR)$ (anni)	949
$V_{s,30}$ (m/s)	440
Categoria di sottosuolo	B
a_g (g)	0.0599
F_0 (-)	2.976
T_c^* (s)	0.371
S_s (-)	1.2
Categoria topografica	T1
S_t (-)	1
$a_{max}/g = a_g/g * S_s * S_t$ (-)	0.07
k_h (-)	0.07
k_v (-)	0.04

Tabella 4-Parametri sismici

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 34 di 72</p>
---	---

4.4.7.1 Carico sismico del terreno da sinistra

Caso di carico: Ex+_sisma terr

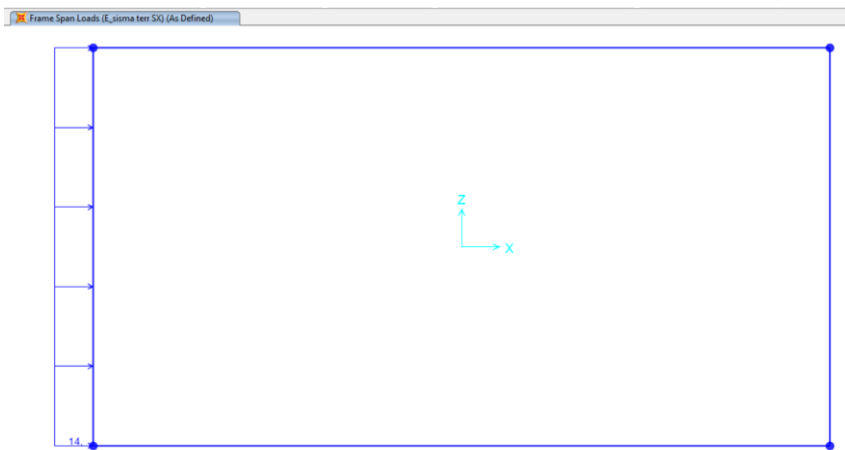


Figura 17- Carico sismico del terreno da sinistra

4.4.7.2 Carico sismico del terreno da destra

Caso di carico: Ex-_sisma terr

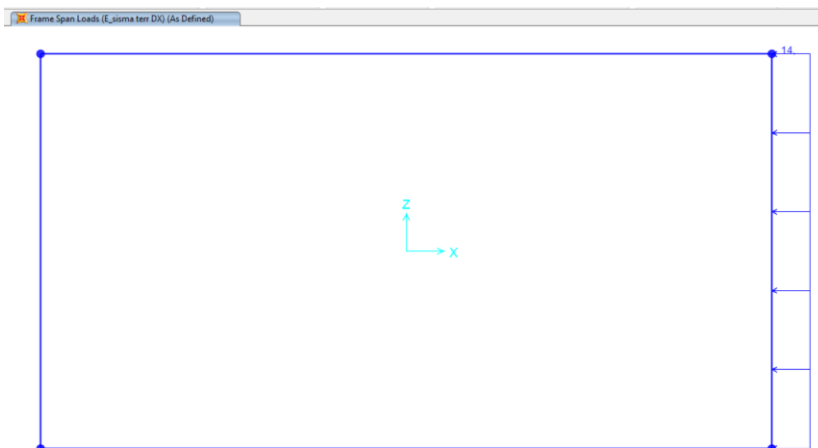


Figura 18- Carico sismico del terreno da sinistra

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 35 di 72</p>
---	---

4.4.7.3 Carico sismico del terreno di ritombamento

Caso di carico: Ex-_sisma rit



Figura 19- Carico sismico del terreno di ritombamento

4.4.7.4 Carico sismico orizzontale inerziale del rivestimento da sinistra

Caso di carico: Ex-_sisma inerz

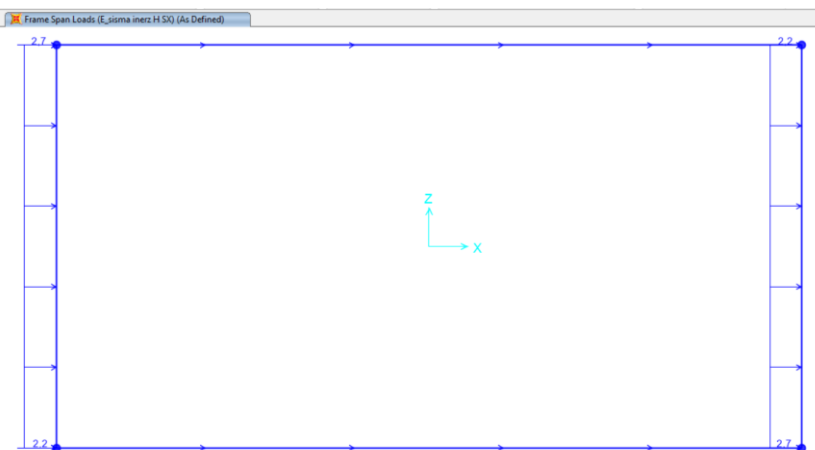


Figura 20- Carico sismico inerziale in direzione orizzontale da sinistra

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 36 di 72</p>
---	---

4.4.7.5 Carico sismico orizzontale inerziale del rivestimento da destra

Caso di carico: Ex+_sisma inerz

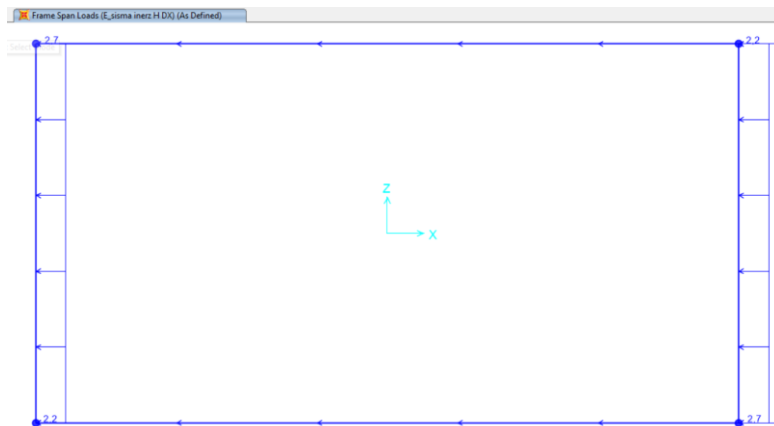


Figura 21- Carico sismico inerziale in direzione orizzontale da destra

4.4.7.6 Carico sismico verticale inerziale del rivestimento

Caso di carico: Ex-_sisma rit



Figura 22- Carico sismico inerziale in direzione verticale

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 37 di 72</p>
---	---

5 VERIFICHE

5.1 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

5.1.1. *Combinazioni di calcolo*

Nelle Tablelle che seguono Tabella 5 si riportano alcune delle combinazioni considerate a SLU, SLV e SLE, ritenute rilevanti, con i relativi e coefficienti utilizzati nelle combinazioni moltiplicativi. SLU, SLV e SLE.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 39 di 72</p>
---	---

SLU 58	1.35	0	0	0	0	0.9	0	0	1.35	1.35
SLU 59	1.35	0	0.9	0	0.9	0	0	0	1.35	1.35
SLU 60	1.35	0	0.9	0	0	0.9	0	0	1.35	1.35
SLU 61	1.35	0	0	0.9	0.9	0	0	0	1.35	1.35
SLU 62	1.35	0	0	0.9	0	0.9	0	0	1.35	1.35
SLU 63	1.35	0	0	0	0	0	0	0	1.35	1.35
SLU 64	1.35	0	1.5	0	0	0	0	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)
SLU 65	1.35	0	0	1.5	0	0	0	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)
SLU 66	1.35	0	0	0	1.5	0	0	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)
SLU 67	1.35	0	0	0	0	1.5	0	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)
SLU 68	1.35	0	1.5	0	1.5	0	0	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)
SLU 69	1.35	0	1.5	0	0	1.5	0	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)
SLU 70	1.35	0	0	1.5	1.5	0	0	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)
SLU 71	1.35	0	0	1.5	0	1.5	0	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)
SLU 72	1.35	0	0	0	0	0	0	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)	1.35*(0.75/0.4)

Tabella 5-Coefficienti utilizzati per le sollecitazioni SLU

COMB.	PERMANENTI	Gritiro	Ex+_sisma terr	Ex-_sisma terr	Ex_sisma rit	Ex+_sisma str	Ex-_sisma str	Ez_str
SLV 1	1	1	1	0	0.3	1	0	0.3
SLV 2	1	1	1	0	-0.3	1	0	-0.3
SLV 3	1	1	0.3	0	1	0.3	0	1
SLV 4	1	1	0.3	0	-1	0.3	0	-1
SLV 5	1	1	0	1	0.3	0	1	0.3
SLV 6	1	1	0	1	-0.3	0	1	-0.3
SLV 7	1	1	0	0.3	1	0	0.3	1
SLV 8	1	1	0	0.3	-1	0	0.3	-1

Tabella 6-Coefficienti utilizzati per le sollecitazioni SLU, SLV e SLE

COMB.	PERMANENTI	Gritiro	Qstag_+10	Qstag_-10	Qgio_+5	Qgio_-5	Qmax camp	Qint	Qmax appoggio
SLE R 1	1	1	0.6	0	0	0	1	1	0
SLE R 2	1	1	0	0.6	0	0	1	1	0
SLE R 3	1	1	0	0	0.6	0	1	1	0
SLE R 4	1	1	0	0	0	0.6	1	1	0
SLE R 5	1	1	0.6	0	0.6	0	1	1	0
SLE R 6	1	1	0.6	0	0	0.6	1	1	0
SLE R 7	1	1	0	0.6	0.6	0	1	1	0
SLE R 8	1	1	0	0.6	0	0.6	1	1	0
SLE R 9	1	1	0	0	0	0	1	1	0
SLE R 10	1	1	0.6	0	0	0	0	1	1
SLE R 11	1	1	0	0.6	0	0	0	1	1
SLE R 12	1	1	0	0	0.6	0	0	1	1
SLE R 13	1	1	0	0	0	0.6	0	1	1
SLE R 14	1	1	0.6	0	0.6	0	0	1	1
SLE R 15	1	1	0.6	0	0	0.6	0	1	1
SLE R 16	1	1	0	0.6	0.6	0	0	1	1
SLE R 17	1	1	0	0.6	0	0.6	0	1	1
SLE R 18	1	1	0	0	0	0	0	1	1

Tabella 7-Coefficienti utilizzati per le sollecitazioni SLE Rara

ANAS S.p.A.

S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI
 LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA
 DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389

Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia

File:
 T00_ST01_STR_RE01_A
 Data: Agosto 2020
 Pag. 40 di 72

COMB.	PERMANENTI	Gritiro	Qstag_+10	Qstag_-10	Qgio_+5	Qgio_-5	Qmax camp	Q int	Qmax appoggio
SLE F 1	1	1	0.5	0	0	0	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 2	1	1	0	0.5	0	0	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 3	1	1	0	0	0.5	0	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 4	1	1	0	0	0	0.5	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 5	1	1	0.5	0	0.5	0	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 6	1	1	0.5	0	0	0.5	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 7	1	1	0	0.5	0.5	0	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 8	1	1	0	0.5	0	0.5	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 9	1	1	0	0	0	0	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 10	1	1	0.5	0	0	0	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 11	1	1	0	0.5	0	0	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 12	1	1	0	0	0.5	0	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 13	1	1	0	0	0	0.5	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 14	1	1	0.5	0	0.5	0	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 15	1	1	0.5	0	0	0.5	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 16	1	1	0	0.5	0.5	0	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 17	1	1	0	0.5	0	0.5	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0
SLE F 18	1	1	0	0	0	0	0 (0.75/0.4)	(0.75/0.4)	0

Tabella 8-Coefficienti utilizzati per le sollecitazioni SLE Frequente

COMB.	PERMANENTI	Gritiro	Qstag_+10	Qstag_-10	Qgio_+5	Qgio_-5
SLE OP 1	1	1	0.5	0	0	0
SLE OP 2	1	1	0	0.5	0	0
SLE OP 3	1	1	0	0	0.5	0
SLE OP 4	1	1	0	0	0	0.5
SLE OP 5	1	1	0.5	0	0.5	0
SLE OP 6	1	1	0.5	0	0	0.5
SLE OP 7	1	1	0	0.5	0.5	0
SLE OP 8	1	1	0	0.5	0	0.5
SLE OP 9	1	1	0	0	0	0

Tabella 9-Coefficienti utilizzati per le sollecitazioni SLE Quasi permanente

Formattato: Normale

Formattato: Normale, Allineato al centro

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 41 di 72</p>
--	---

5.1.2. Sollecitazioni

5.1.2.1 Involuppi SLU-SLV e SLE *con faldia*

Formattato: Allineato al centro

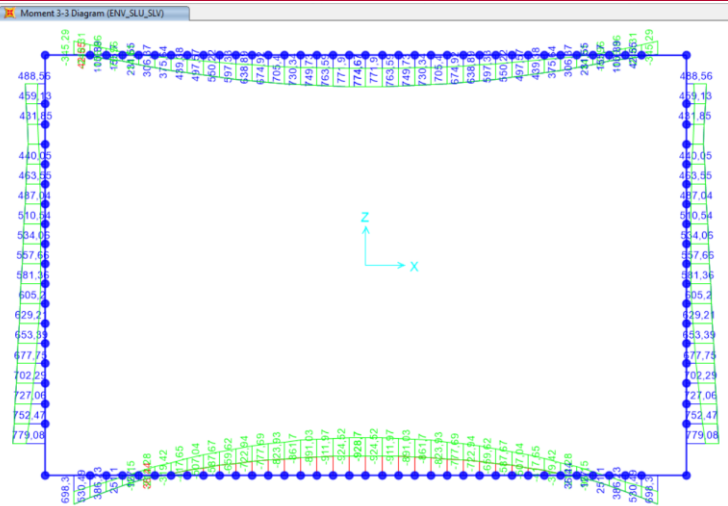
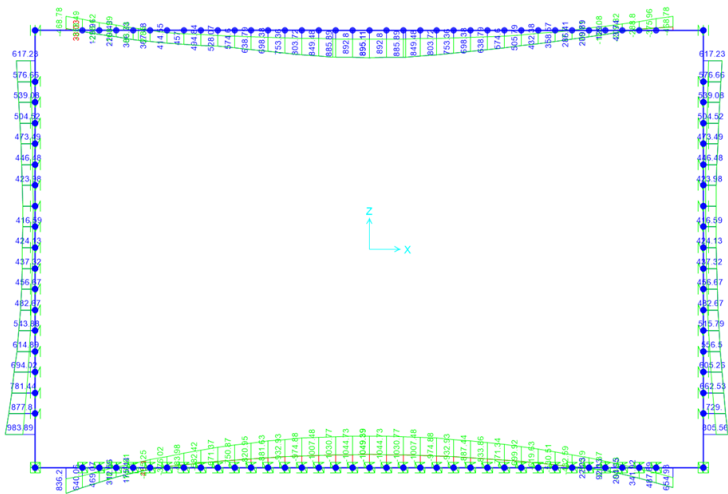


Figura 23- M involuppo SLU-SLV

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 42 di 72</p>
---	---

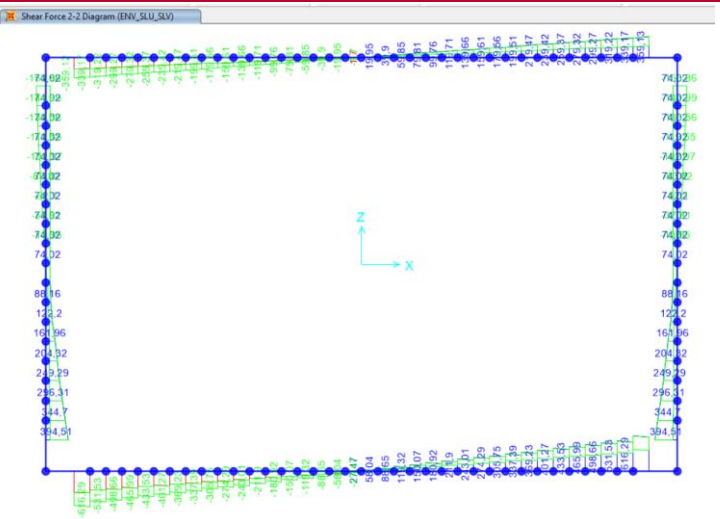
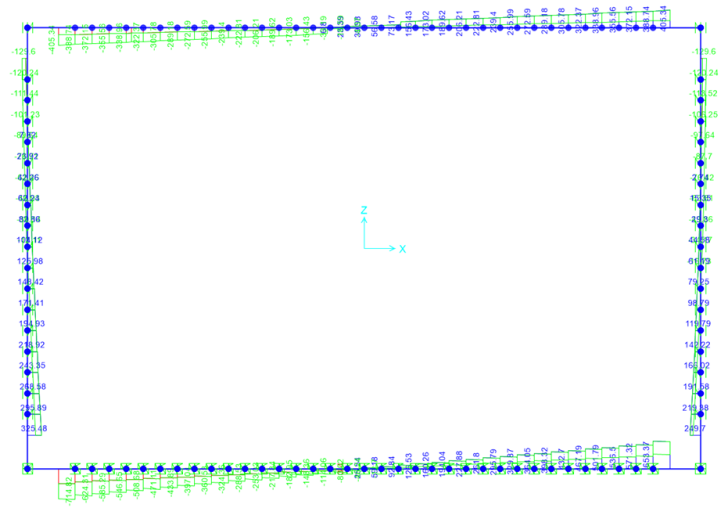


Figura 24- V involucro SLU-SLV

ANAS S.p.A.

S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ

LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA

DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389

Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia

File:

T00_ST01_STR_RE01_A

Data: Agosto 2020

Pag. 43 di 72

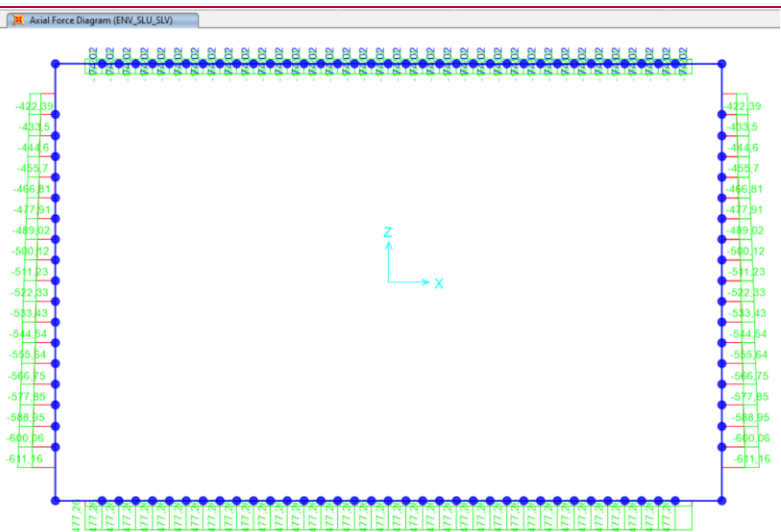
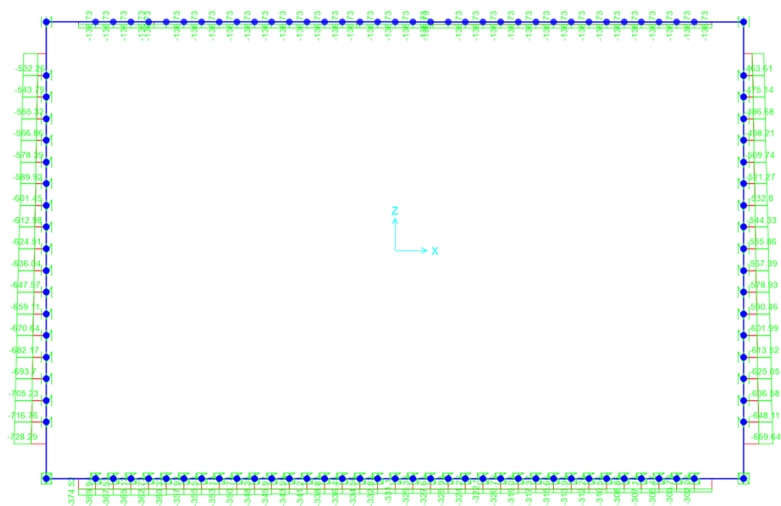


Figura 25- N involuopo SLU-SLV

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 44 di 72</p>
---	---

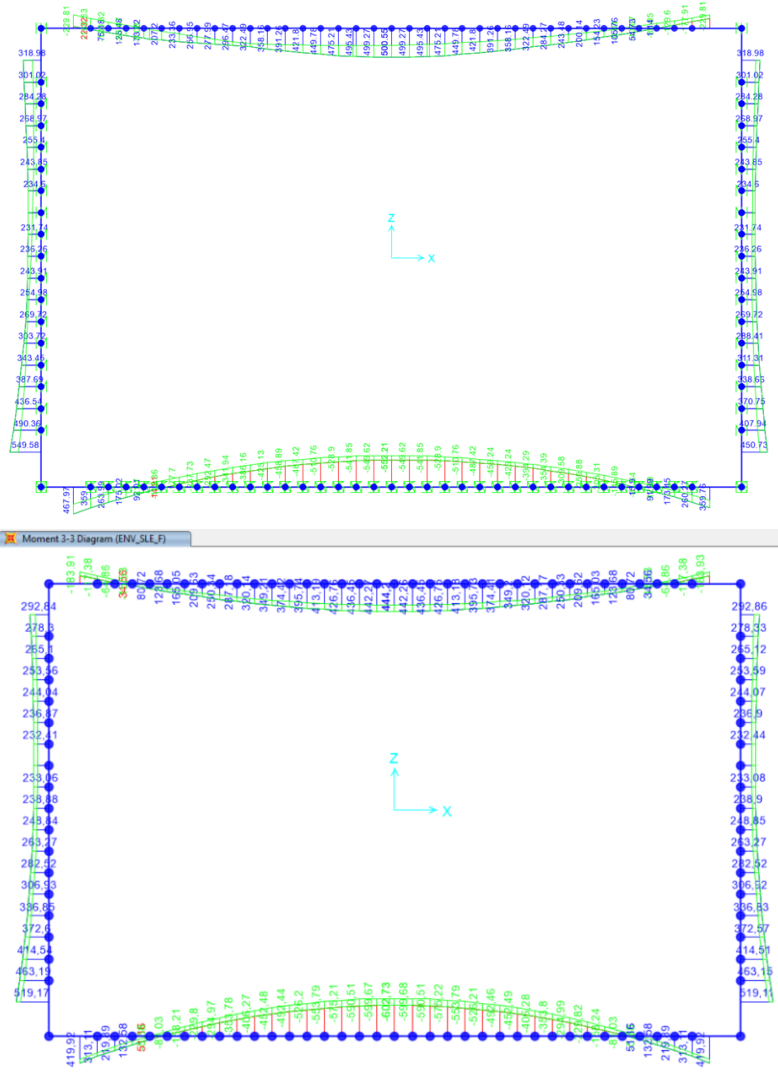
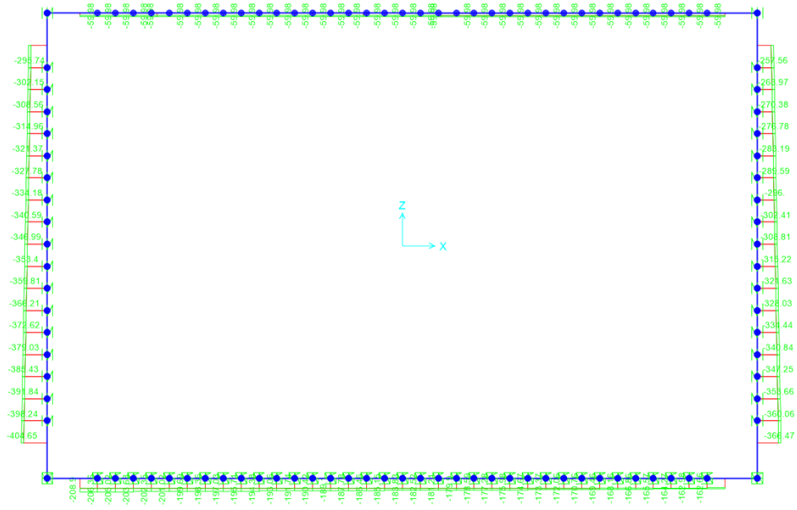


Figura 26- M involuppo SLE_F

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 45 di 72</p>
---	---



Axial Force Diagram (ENV_SLE_F)

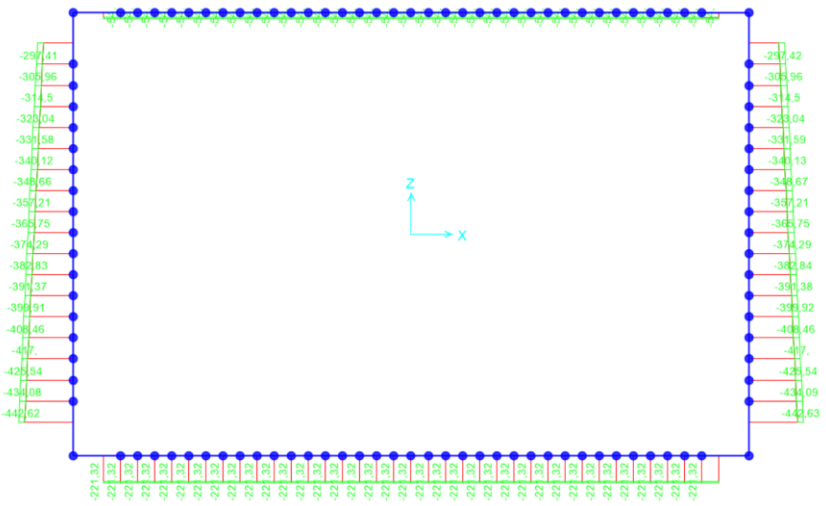


Figura 27- N involucro SLE_F

Formattato: Allineato al centro

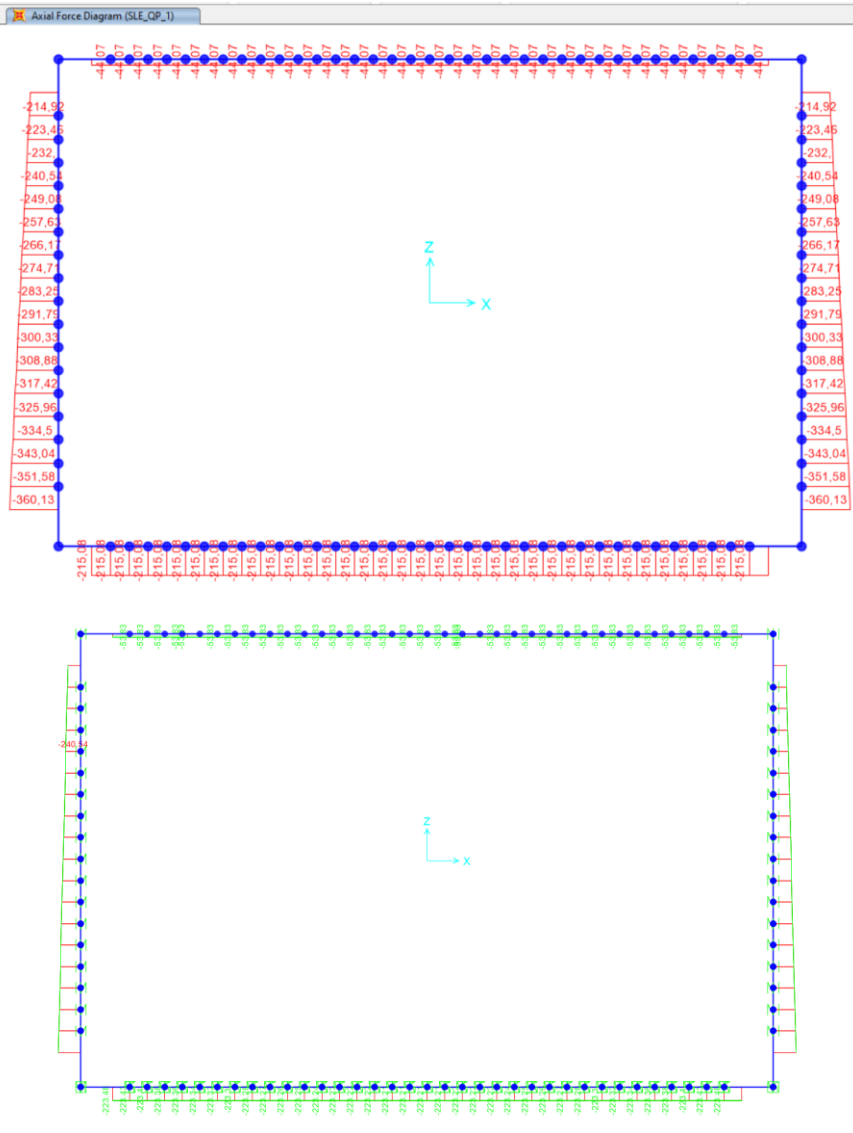


Figura 29- N involuppo SLE_QP

Formattato: Allineato al centro

ANAS S.p.A.

S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ
LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA

DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389

Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia

File:

T00_ST01_STR_RE01_A

Data: Agosto 2020

Pag. 48 di 72

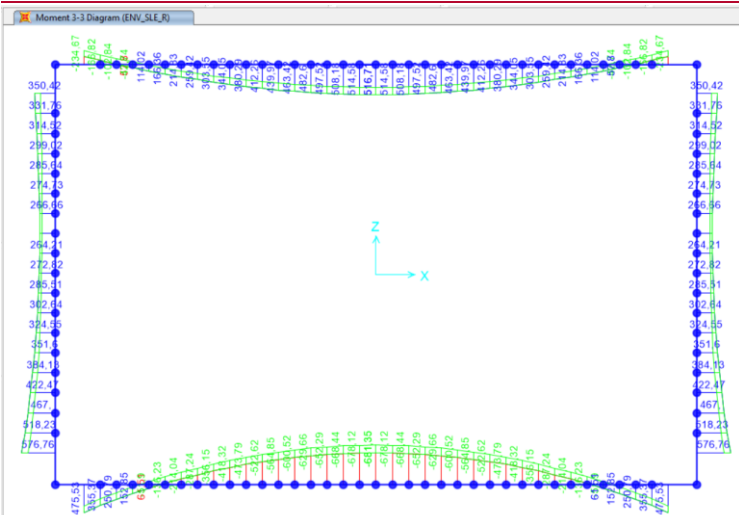
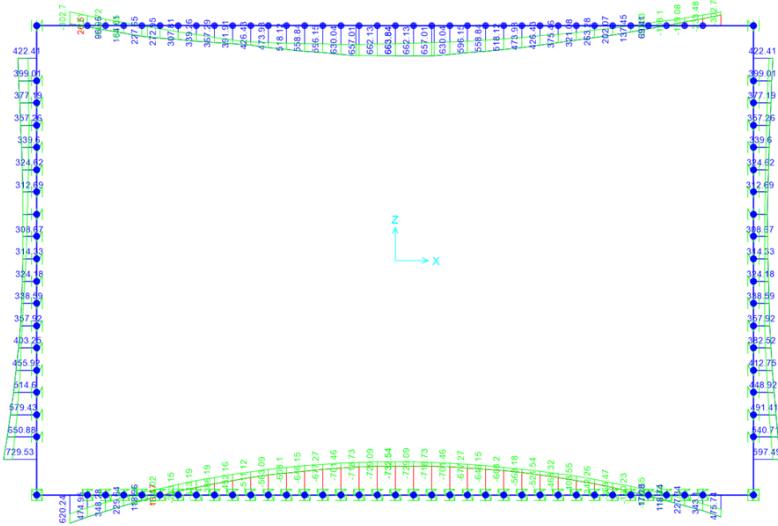


Figura 30- M involucro SLE_R

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 49 di 72</p>
---	---

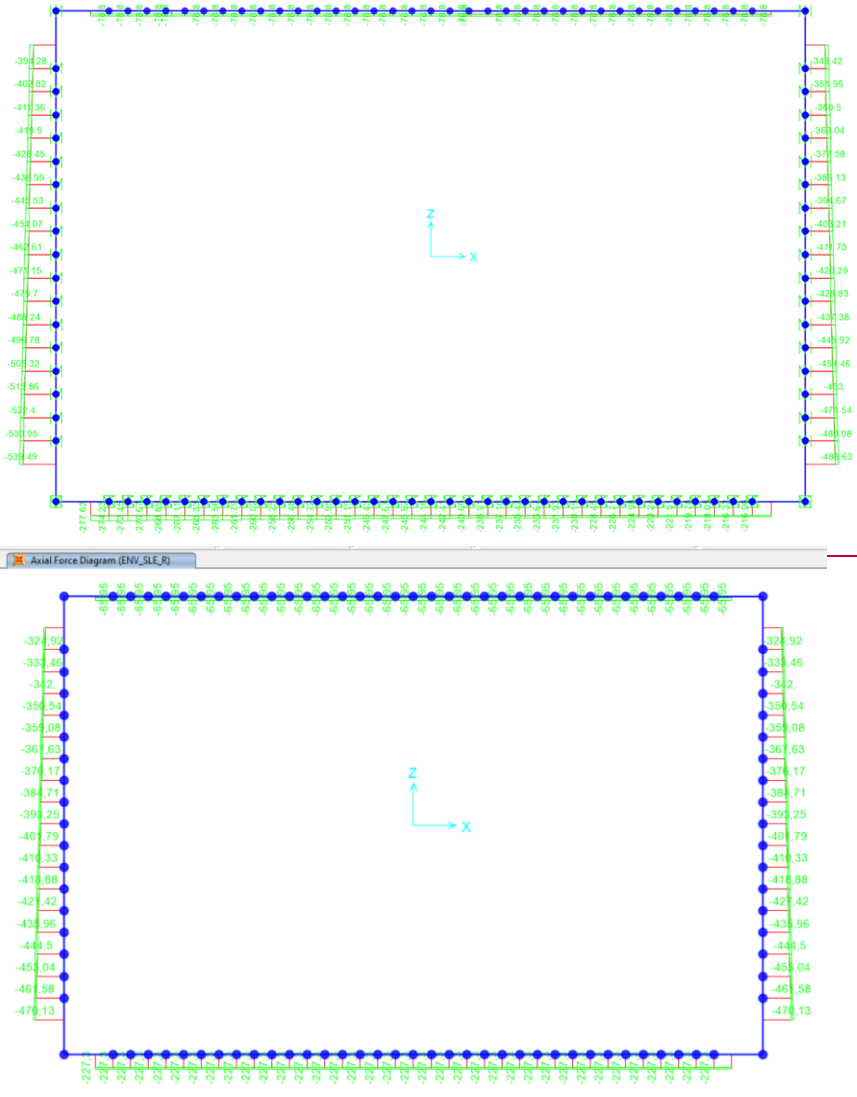
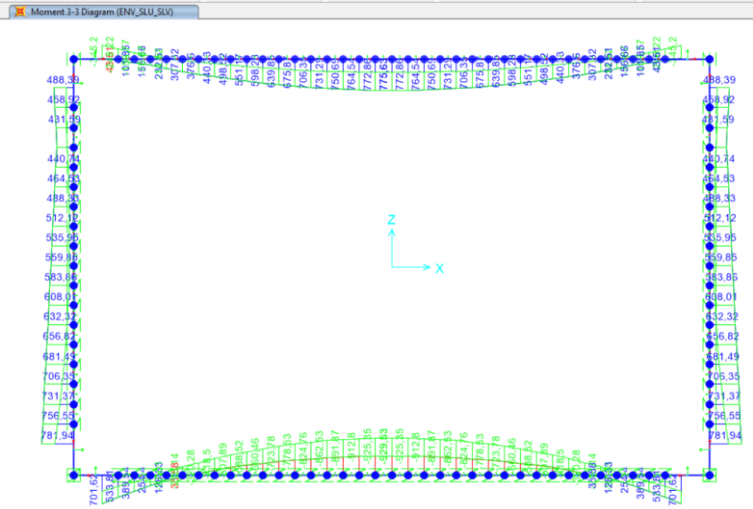


Figura 31- N involucro SLE_R

Formattato: Allineato al centro

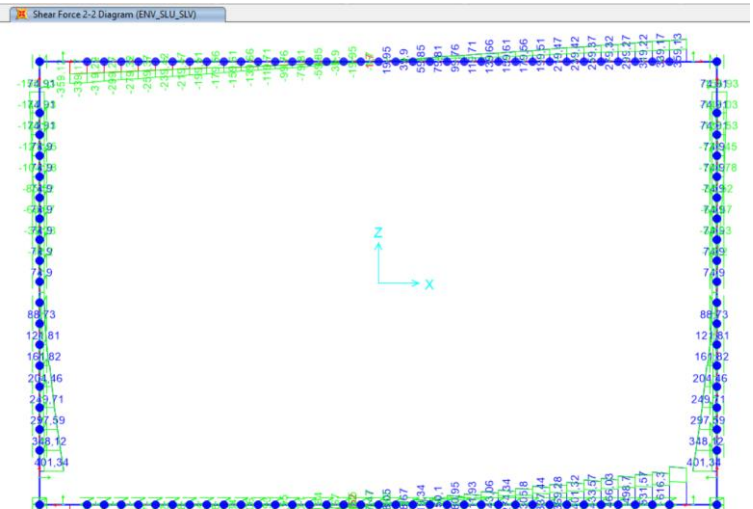
<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00_ST01_STR_RE01_A</i></p> <p><i>Data: Agosto 2020</i></p> <p><i>Pag. 50 di 72</i></p>
---	---

5.2 Involuppi SLU-SLV e SLE senza falda



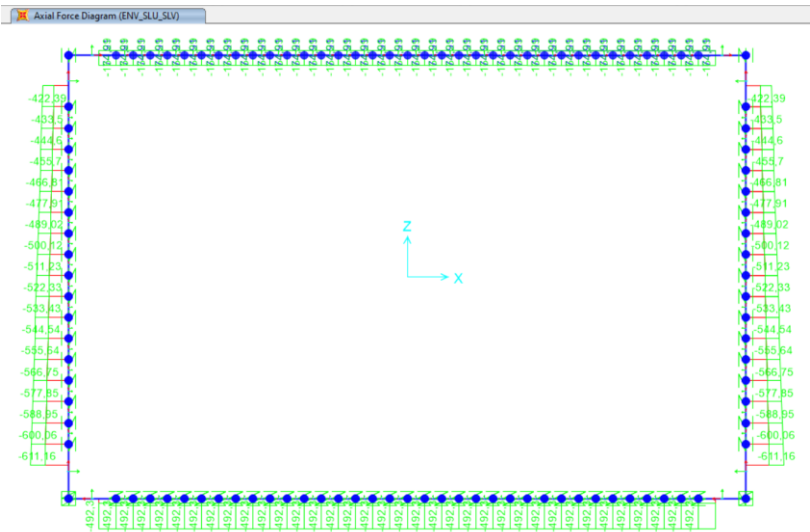
5.3

5.4 Figura 30-M involuppo SLU-SLV



5.5

5.6 — Figura 31— V involucro SLU-SLV

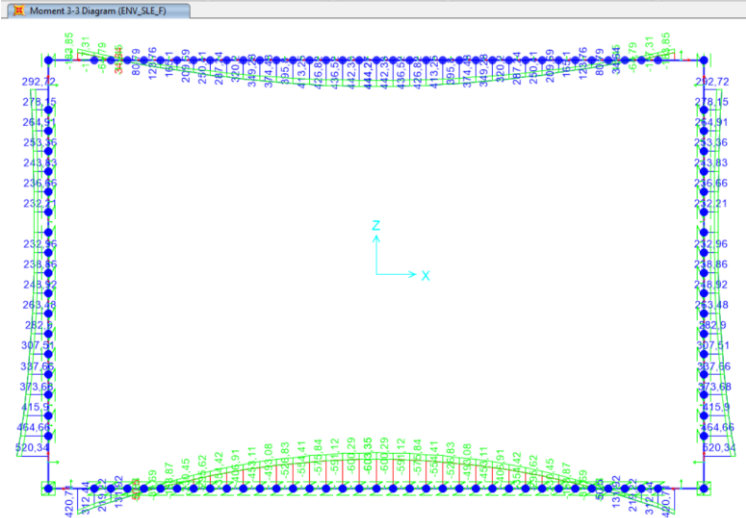


5.7 —

5.8 — Figura 32— N involucro SLU-SLV

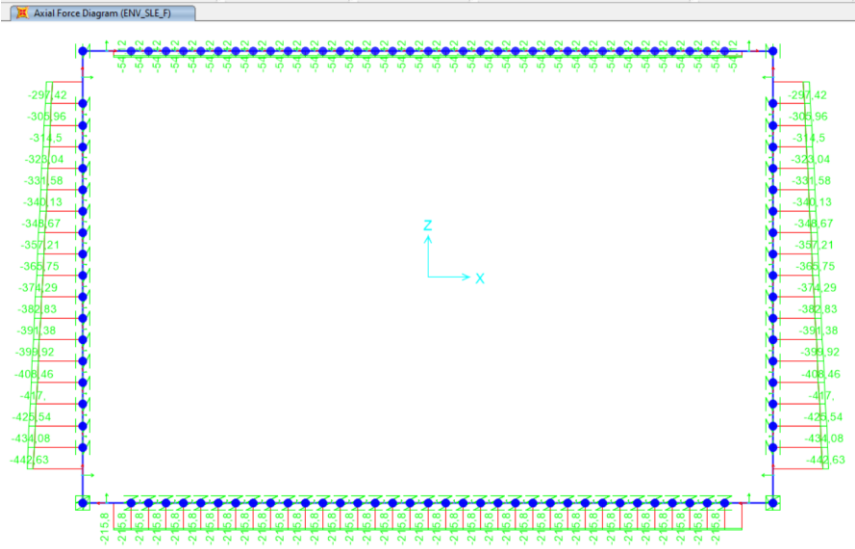
5.9 —

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File: T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 53 di 72</p>
---	--



5.10

5.11 — Figura 33- M involucro SLE_F

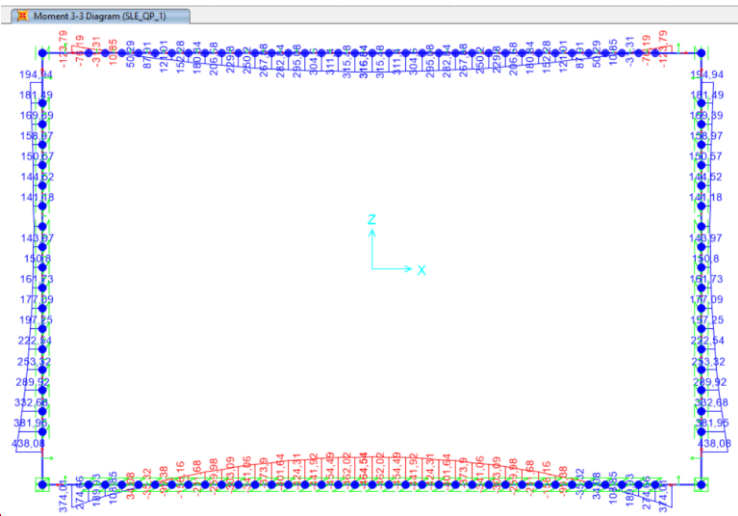


5.12

5.13 — Figura 34- N involucro SLE_F

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File: T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 54 di 72</p>
---	--

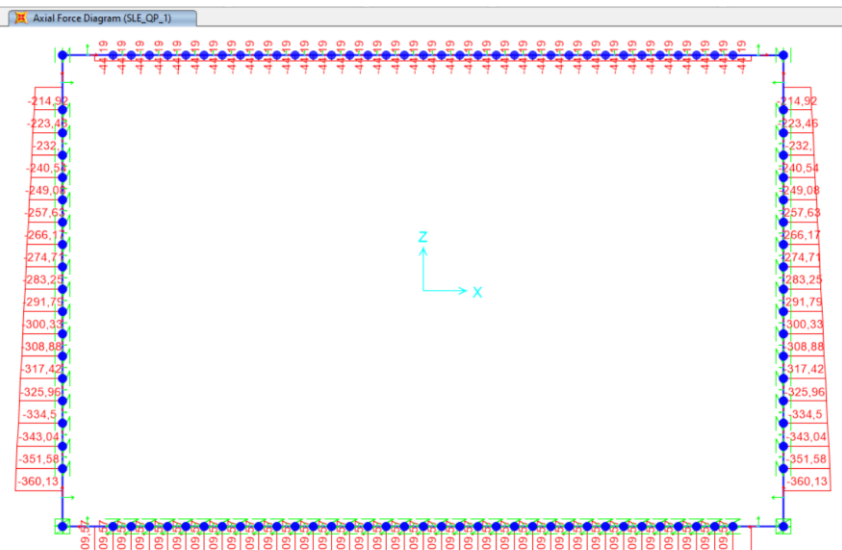
5.14



5.15

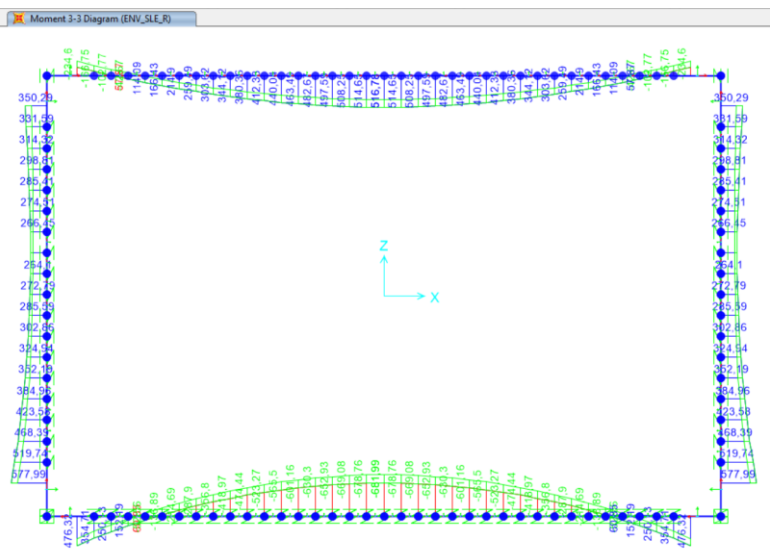
5.16 **Figura 35- M involucro SLE_QP**

5.17



5.18

5.19 — Figura 36 – N involucro SLE_QP

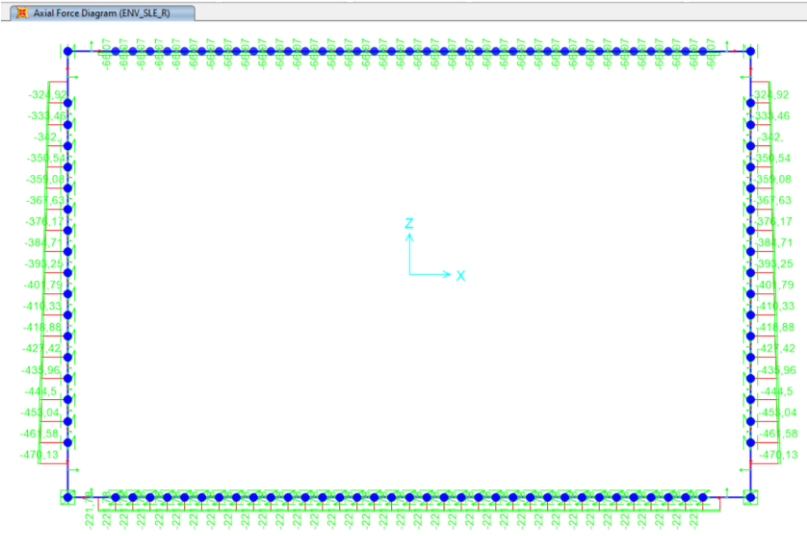


5.20

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File: T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 56 di 72</p>
---	--

5.21 — **Figura 37** — **M involucro SLE_R**

5.22 —



5.23 —

5.24 — **Figura 38** — **N involucro SLE_R**

5.255.2 **VERIFICHE STRUTTURALI**

Vedi allegati di calcolo a fine relazione.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 57 di 72</p>
---	---

5.265.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche a corpo rigido (slittamento, ribaltamento, stabilità globale) non sono significative per la natura dell'opera. Si riporta la verifica geotecnica del carico limite di rottura del terreno di fondazione. Di seguito il calcolo della portata limite, effettuato, cautelativamente, considerando la fondazione interrata di 1.60 rispetto al piano di appoggio (1.10m di soletta +0.50m di ricoprimento). In una delle due direzioni, in realtà, il rinterro è estremamente più alto. La falda è posta pari alla quota di rinterro.

Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

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

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = M_b/N$)

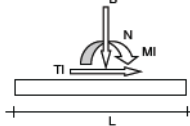
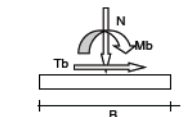
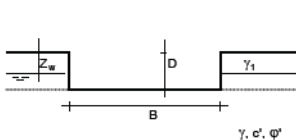
e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = M_L/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

Metodo di calcolo		azioni		coefficienti parziali		resistenze	
		permanenti	temporanee variabili	proprietà del terreno			
				$\tan \phi'$	c'	q_{lim}	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili		1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 12.00 (m)
L = 12.00 (m)
D = 1.80 (m)



ANAS S.p.A.

S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ
 LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA

DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389

Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia

File:
 T00_ST01_STR_RE01_A
 Data: Agosto 2020
 Pag. 58 di 72

	AZIONI		Valori di calcolo
	valori di input permanenti	temporanee	
N [kN]	1.00		1.30
Mb [kNm]	0.00		0.00
Ml [kNm]			0.00
Tb [kN]	0.00		0.00
Tl [kN]	0.00		0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

Peso unità di volume del terreno

$\gamma_1 = 20.00$ (kN/mc)
 $\gamma = 20.00$ (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$c' = 0.00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 38.00$ (°)

Profondità della falda

$Z_w = 0.00$ (m)

$e_s = 0.00$ (m)
 $e_t = 0.00$ (m)

q : sovraccarico alla profondità D

$q = 16.00$ (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$\gamma = 10.00$ (kN/mc)

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\gamma \cdot D \cdot \tan \varphi')}$

$N_q = 48.93$

$N_c = (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$

$N_c = 61.35$

$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$

$N_\gamma = 78.02$

Valori di progetto

$c' = 0.00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 38.00$ (°)

$B^* = 12.00$ (m)

$L^* = 12.00$ (m)

s_u, s_q, s_γ : fattori di forma

$s_u = 1 + B^* N_q / (L^* N_c)$

$s_q = 1.80$

$s_\gamma = 1 + B^* \tan \varphi' / L^*$

$s_\gamma = 1.78$

$s_3 = 1 - 0.4 \cdot B^* / L^*$

$s_3 = 0.60$

i_u, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$m_1 = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.50$

$m_2 = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.50$

$i_u = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cot \varphi'))^{m_1}$

$i_u = 1.00$

$i_q = i_u \cdot (1 - i_u) / (N_q - 1)$

$i_q = 1.00$

$i_\gamma = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cot \varphi'))^{(m_2 - 1)}$

$i_\gamma = 1.00$

d_u, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_u = 1 + 2 \cdot D \cdot \tan \varphi' \cdot (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_u = 1 + (2 \cdot \tan \varphi' \cdot (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan(D / B^*)$

$d_u = 1.03$

$d_q = d_u \cdot (1 - d_u) / (N_q \cdot \tan \varphi')$

$d_q = 1.03$

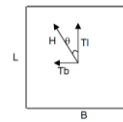
$d_\gamma = 1$

$d_\gamma = 1.00$

$\theta = \arctan(Tb/Tl) = 90.00$ (°)

$m = 1.50$ (-)

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_1 \sin^2 \theta + m_2 \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)



b_u, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$b_u = (1 - \beta_u \tan \varphi')^2$ $\beta_u + \beta_q = 0.00$ $\beta_u + \beta_q < 45^\circ$

$b_u = 1.00$

$b_q = b_u \cdot (1 - b_u) / (N_q \cdot \tan \varphi')$

$b_q = 1.00$

$b_\gamma = b_u$

$b_\gamma = 1.00$

g_u, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$g_u = (1 - \tan \beta_u)^2$ $\beta_u + \beta_q = 0.00$ $\beta_u + \beta_q < 45^\circ$

$g_u = 1.00$

$g_q = g_u \cdot (1 - g_u) / (N_q \cdot \tan \varphi')$

$g_q = 1.00$

$g_\gamma = g_u$

$g_\gamma = 1.00$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 59 di 72</p>
---	---

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 4246.42 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 0.01 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 1846.27 \geq q = 0.01 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Il carico massimo (SLU/SLV) è ricavato moltiplicando lo spostamento massimo da modello di calcolo per il valore della molla introdotto nel modello stesso.

$$q_{d,slu-slv} = k \cdot s = 2150 \text{ kN/mq} \cdot 0.0955 \text{ m} / 1.0 \text{ m} = 205.3 \text{ kN/mq}$$

da confrontare con la portata limite pari a:

$$q_{lim,d} = 1846.3 \text{ kN/mq}$$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 60 di 72</p>
---	---

6 RIEPILOGO DELLE VERIFICHE A SLU-SLE

Nella figura 32 sono indicate le sezioni soggette a verifica

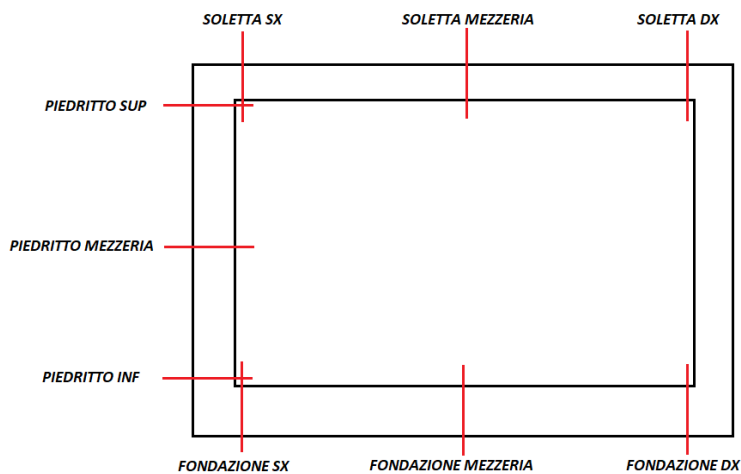


Figura 32: sezioni soggette a verifica

Si riportano in seguito le armature considerate in ogni sezione. Tutte le armature longitudinali sono costituite da ferri del diametro $\varnothing 22$.

L'armatura a taglio indicata in sezione è puramente indicativa e generata dal software. Si deve considerare come valido il quantitativo di armatura a taglio, che è pari a:

15,8 cmq/mq, equivalenti a $\varnothing 10 / (20 \times 25)$

L'armatura a taglio è presente nelle sole zone in prossimità dei nodi, per un tratto pari a $\frac{1}{4}$ della lunghezza dell'elemento considerato.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 61 di 72</p>
---	---

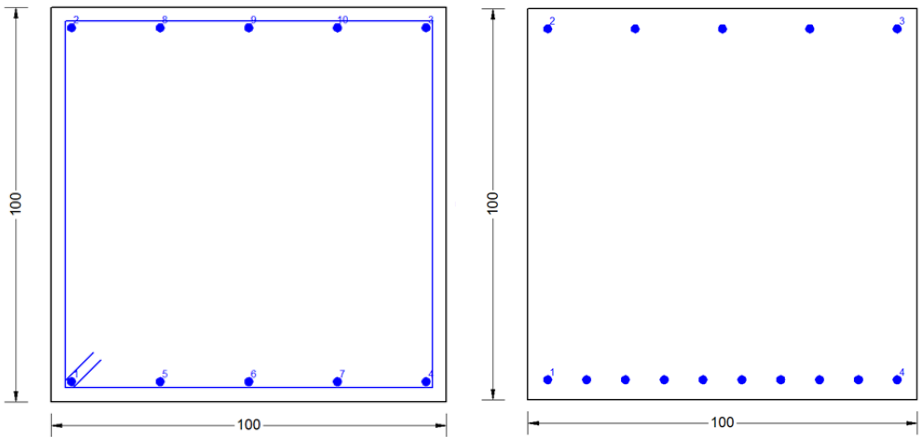


Figura 33: sezione incastro della soletta superiore

sezione mezzeria della soletta superiore

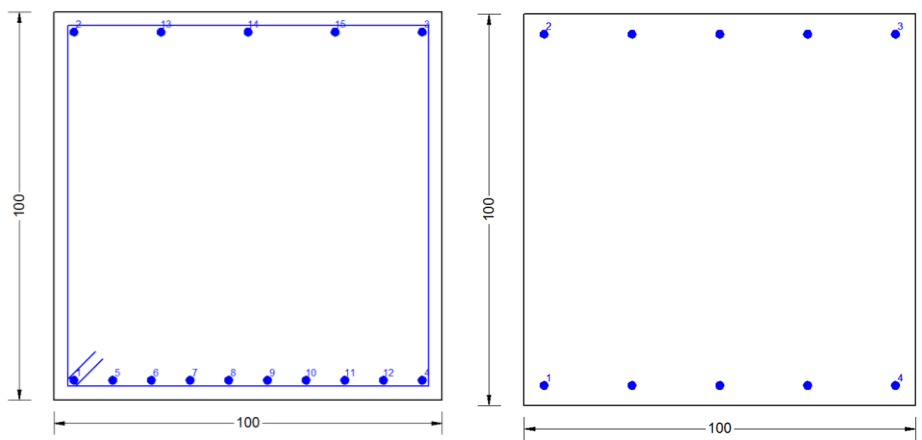


Figura 34: sezione incastro inferiore del piedritto

sezione mezzeria e incastro superiore del piedritto

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 62 di 72</p>
---	---

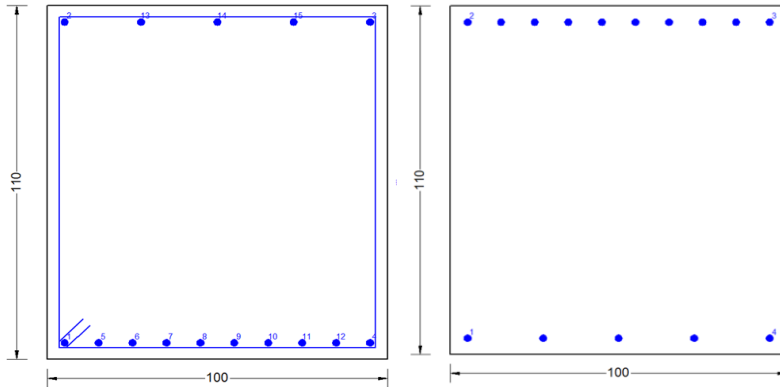


Figura 35: sezione incastro soletta di fondazione

sezione mezzeria soletta di fondazione

6.1 Tabella riassuntiva

Nelle tabelle che seguono vengono riportate le verifiche più rilevanti. La totalità delle verifiche sono presenti nell'allegato.

	Armatura		SLU			
	inf	sup	n COMB	N	M	FS
	[--]	[--]	[--]	[kN]	[kNm]	[--]
SOLETTA SX	5Ø22	5Ø22	41	127	-469	1.59
SOLETTA DX	5Ø22	5Ø22	41	127	-469	1.59
SOLETTA MEZZERIA	10Ø22	5Ø22	6	65	895	1.55
PIEDRITTO INF	10Ø22	5Ø22	26	728	984	1.69
PIEDRITTO SUP	5Ø22	5Ø22	41	452	617	1.45
PIEDRITTO MEZZERIA	5Ø22	5Ø22	6	556	424	2.21
FONDAZIONE SX	10Ø22	5Ø22	15	302	655	2.51
FONDAZIONE DX	10Ø22	5Ø22	24	375	836	2.01
FONDAZIONE MEZZERIA	5Ø22	10Ø22	41	261	-1049	1.55

Tabella 10-verifiche rilevanti a SLU

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 63 di 72</p>
---	---

	Armatura		SLE-Freq		
	inf	sup	n COMB	w _K	w _{lim}
	[--]	[--]	[--]	[mm]	[mm]
SOLETTA SX	5Ø22	5Ø22	5	0.223	0.3
SOLETTA DX	5Ø22	5Ø22	5	0.223	0.3
SOLETTA MEZZERIA	10Ø22	5Ø22	8	0.16	0.3
PIEDRITTO INF	10Ø22	5Ø22	17	0.131	0.3
PIEDRITTO SUP	5Ø22	5Ø22	1	0.221	0.3
PIEDRITTO MEZZERIA	5Ø22	5Ø22	8	0.122	0.3
FONDAZIONE SX	10Ø22	5Ø22	6	0.057	0.3
FONDAZIONE DX	10Ø22	5Ø22	16	0.081	0.3
FONDAZIONE MEZZERIA	5Ø22	10Ø22	5	0.149	0.3

Tabella 11-verifiche rilevanti a SLE-Freq

	Armatura		SLE-Qperm		
	inf	sup	n COMB	w _K	w _{lim}
	[--]	[--]	[--]	[mm]	[mm]
SOLETTA SX	5Ø22	5Ø22	5	0.139	0.2
SOLETTA DX	5Ø22	5Ø22	5	0.139	0.2
SOLETTA MEZZERIA	10Ø22	5Ø22	8	0.102	0.2
PIEDRITTO INF	10Ø22	5Ø22	8	0.109	0.2
PIEDRITTO SUP	5Ø22	5Ø22	5	0.141	0.2
PIEDRITTO MEZZERIA	5Ø22	5Ø22	8	0.054	0.2
FONDAZIONE SX	10Ø22	5Ø22	8	0.094	0.2
FONDAZIONE DX	10Ø22	5Ø22	8	0.094	0.2
FONDAZIONE MEZZERIA	5Ø22	10Ø22	5	0.125	0.2

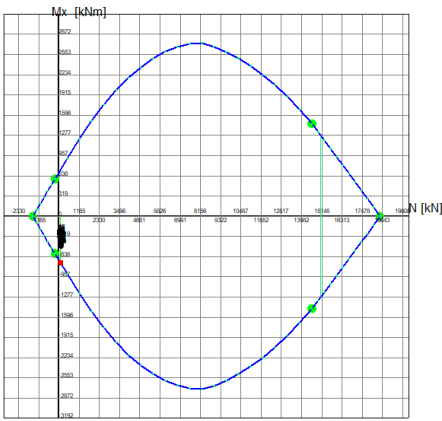
Tabella 12-verifiche rilevanti a SLE-Q.Permanente

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 64 di 72</p>
---	---

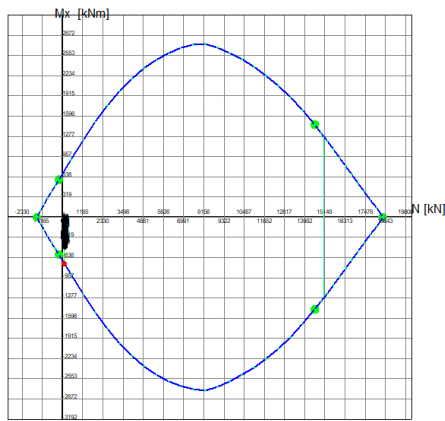
6.2 Verifiche a SLU- Metodo grafico con Domini di resistenza

Nelle figure che seguono vengono riportate, in maniera grafica, tramite domini di resistenza M-N, le verifiche a SLU.

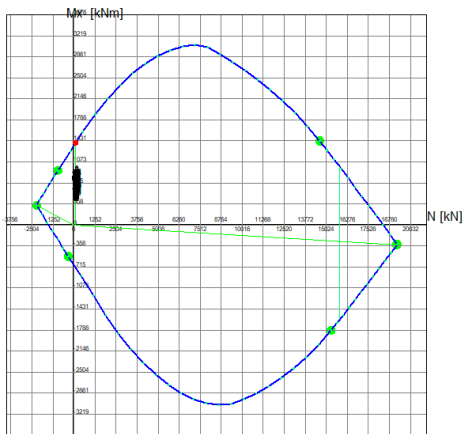
DOMINIO INTERAZIONE N-Mx (STATO LIMITE ULTIMO) (N baricentrico)
 Nome Sezione: ISOL-Soletta-INCASTRO DX
 Percorso File: C:\Users\simone\Desktop\planas\RC-SEC aggiornati\ISOL-Soletta-INCASTRO DX.sez



DOMINIO INTERAZIONE N-Mx (STATO LIMITE ULTIMO) (N baricentrico)
 Nome Sezione: ISOL-Soletta-INCASTRO SX
 Percorso File: C:\Users\simone\Desktop\planas\RC-SEC aggiornati\ISOL-Soletta-INCASTRO SX.sez



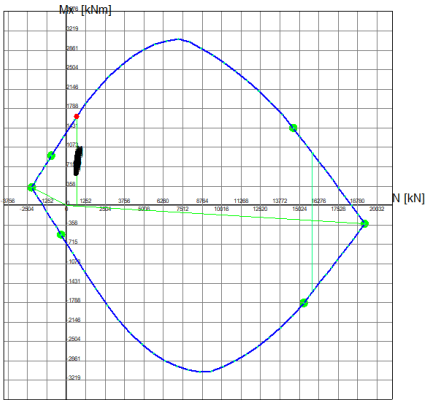
DOMINIO INTERAZIONE N-Mx (STATO LIMITE ULTIMO) (N baricentrico)
 Nome Sezione: ISOL-Soletta-MEZZERIA
 Percorso File: C:\Users\simone\Desktop\planas\RC-SEC aggiornati\ISOL-Soletta-MEZZERIA.sez



Passo Momenti Mx griglia = 358 kNm Passo Sforzo Normale N = 1252 kN

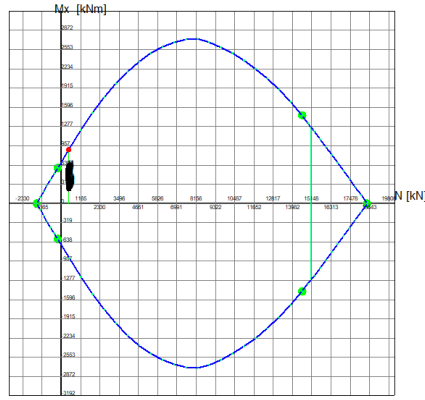
<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File: T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 65 di 72</p>
---	--

DOMINIO INTERAZIONE N-Mx (STATO LIMITE ULTIMO) (N baricentrico)
 Nome Sezione: ISOL-PIEDRITTO-INCASTRO INF
 Percorso File: C:\Users\simone\Desktop\planas\RC-SEC aggiornati\ISOL-PIEDRITTO-INCASTRO INF.sez



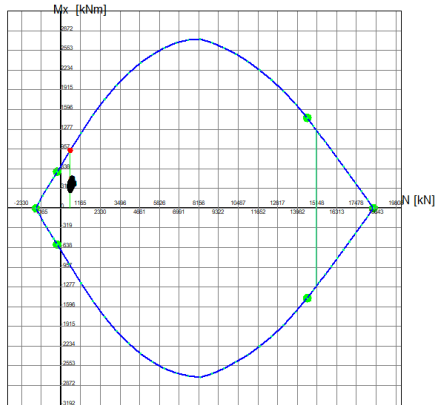
Passo Momenti Mx griglia = 358 kNm Passo Sforzo Normale N = 1252 kN

DOMINIO INTERAZIONE N-Mx (STATO LIMITE ULTIMO) (N baricentrico)
 Nome Sezione: ISOL-PIEDRITTO-INCASTRO SUP
 Percorso File: C:\Users\simone\Desktop\planas\RC-SEC aggiornati\ISOL-PIEDRITTO-INCASTRO SUP.sez



Passo Momenti Mx griglia = 319 kNm Passo Sforzo Normale N = 1165 kN

DOMINIO INTERAZIONE N-Mx (STATO LIMITE ULTIMO) (N baricentrico)
 Nome Sezione: ISOL-PIEDRITTO-MEZZERIA
 Percorso File: C:\Users\simone\Desktop\planas\RC-SEC aggiornati\ISOL-PIEDRITTO-MEZZERIA.sez



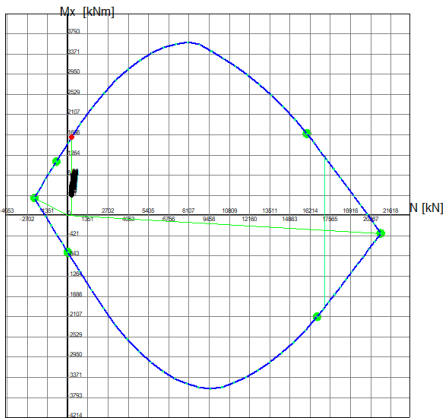
Passo Momenti Mx griglia = 319 kNm Passo Sforzo Normale N = 1165 kN

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File: T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 66 di 72</p>
---	--

DOMINIO INTERAZIONE N-Mx (STATO LIMITE ULTIMO) (N baricentrico)

Nome Sezione: ISOL-FONDAZIONE-INCASTRO DX

Percorso File: C:\Users\simone\Desktop\planas\RC-SEC aggiornati\ISOL-FONDAZIONE-INCASTRO DX.sez

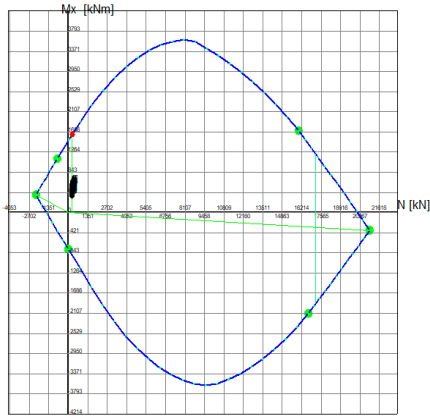


Passo Momenti Mx griglia = 421 kNm Passo Sforzo Normale N = 13511 kN

DOMINIO INTERAZIONE N-Mx (STATO LIMITE ULTIMO) (N baricentrico)

Nome Sezione: ISOL-FONDAZIONE-INCASTRO SX

Percorso File: C:\Users\simone\Desktop\planas\RC-SEC aggiornati\ISOL-FONDAZIONE-INCASTRO SX.sez

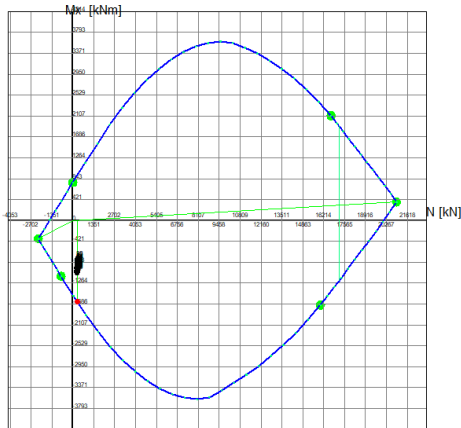


Passo Momenti Mx griglia = 421 kNm Passo Sforzo Normale N = 13511 kN

DOMINIO INTERAZIONE N-Mx (STATO LIMITE ULTIMO) (N baricentrico)

Nome Sezione: ISOL-FONDAZIONE-MEZZERIA

Percorso File: C:\Users\simone\Desktop\planas\RC-SEC aggiornati\ISOL-FONDAZIONE-MEZZERIA.sez



Passo Momenti Mx griglia = 421 kNm Passo Sforzo Normale N = 13511 kN

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File: T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 67 di 72</p>
---	--

7 CONCLUSIONE E INCIDENZE

Le verifiche SLU, SLV e SLE risultano verificate per tutte le sezioni analizzate. Si prevedono le incidenze di armatura riportate in Tabella 13.

	INCIDENZA (kg/m ³)
SOLETTA SUPERIORE	80
PIEDRITTI	70
FONDAZIONE	80

Tabella 13-Incidenze armature

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 68 di 72</p>
---	---

8 MURI DI SOSTEGNO ADIACENTI

Completano il manufatto 4 muri di sostegno adiacenti, a sostegno di rilevati di accesso.

Le geometrie sono compiutamente descritte negli elaborati grafici.

Si individuano tre famiglie in funzione della geometria:

tipo	A	B	C
Altezza paramento [m]	5.50	5.00	6.00
Spessore muro [m]	0.75	0.75	0.75
Spessore fondazione [m]	0.90	0.90	0.90
Larghezza tot. Fondazione [m]	4.50	4.00	5.00
Sbalzo monte [m]	3.25	2.75	3.75
Sbalzo valle [m]	0.50	0.50	0.50

Tabella 14-Geometria muri d'ala

Il terreno di fondazione è caratterizzato secondo Relazione geotecnica Generale (substrato tipo 'b2').

Il rinterro è dato da materiale per rilevati. Cautelativamente, in analogia a quanto fatto per i muri di sostegno tipo 'A' posti a ridosso della sede stradale, si è considerato un angolo di attrito ridotto a 30°.

La falda è posta alla quota di appoggio delle fondazioni dei muri da 6.00m, secondo indicazioni della documentazione geotecnica. I muri da 5.50 e 5.00 sono fondati a quote maggiori rispettivamente di 50 e 100cm.

Si considera un sovraccarico stradale a monte di 20 kN/mq; si considera altresì la presenza di un possibile urto eccezionale in testa al muro (100kN).

Negli allegati si mostrano le verifiche per le tre famiglie di muri individuate.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><i>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</i></p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 69 di 72</p>
---	---

9 ALLEGATI DI CALCOLO

OUTPUT RC-SEC (scatolare)

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p><i>File:</i></p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p><i>Data:</i> Agosto 2020</p> <p><i>Pag.</i> 70 di 72</p>
---	--

VERIFICA MURO TIPO 'A'

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 71 di 72</p>
---	---

VERIFICA MURO TIPO 'B'

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Relazione Tecnica E Di Calcolo Opere Minori - Sottovia</p>	<p>File:</p> <p>T00_ST01_STR_RE01_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 72 di 72</p>
---	---

VERIFICA MURO TIPO 'C'