

# ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

## PA 12/09

### CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

### ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

### S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

### AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001

### Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

## PROGETTO ESECUTIVO

Contraente Generale:



## OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA SOTTOPASSO TRONCO 26

### Relazione di calcolo sottovia

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12\_09 - E 0 8 6 I N 2 2 6 S T 1 4 Z C L 0 0 1 B

Scala:

|                                |              |   |           |            |           |             |
|--------------------------------|--------------|---|-----------|------------|-----------|-------------|
| F                              |              |   |           |            |           |             |
| E                              |              |   |           |            |           |             |
| D                              |              |   |           |            |           |             |
| C                              |              |   |           |            |           |             |
| B                              | Ottobre 2011 | Rif. Istruttoria prot. CDG-0141142-P del 19/10/11 | G.PALOMBA | R.CAPOCCHI | M. LITI   | P. PAGLINI  |
| A                              | Aprile 2011  | EMISSIONE   | G.PALOMBA | A.TURSO    | M. LITI   | P. PAGLINI  |
| REV.                           | DATA         | DESCRIZIONE                                       | REDATTO   | VERIFICATO | APPROVATO | AUTORIZZATO |
| Responsabile del procedimento: |              | Ing. MAURIZIO ARAMINI                             |           |            |           |             |

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:



Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza  
in fase di progetto:



Il Direttore dei lavori:



**S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"**  
**AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO**  
**ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001**  
**Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19**

**PROGETTO ESECUTIVO**

OPERE D'ARTE MINORI  
SOTTOPASSO TRONCO 26  
RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA

## INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INDICE.....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>1. DESCRIZIONE DELLE OPERE.....</b>                            | <b>4</b>  |
| 1.1. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....                               | 4         |
| 1.2. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI DEI MATERIALI .....                | 4         |
| 1.2.1. CLASSI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE.....                      | 5         |
| 1.2.2. COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE .....              | 8         |
| 1.2.3. CARATTERISTICHE DEI COSTITUENTI IL CALCESTRUZZO.....       | 9         |
| 1.2.4. CARATTERISTICHE DELLE MISCELE .....                        | 9         |
| 1.3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI .....                | 10        |
| 1.3.1. RILEVATO STRADALE .....                                    | 10        |
| 1.3.2. TERRENI DI FONDAZIONE.....                                 | 11        |
| <b>2. SCHEMATIZZAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....</b>            | <b>12</b> |
| 2.1. ANALISI DEI CARICHI.....                                     | 12        |
| 2.1.1. PESO PROPRIO STRUTTURA (G1) E CARICHI PERMANENTI (G2)..... | 12        |
| 2.1.2. AZIONI ANTROPICHE .....                                    | 12        |
| 2.1.3. DATI SISMICI .....   | 15        |
| 2.2. COMBINAZIONI DI CARICO .....                                 | 16        |
| <b>3. I CODICI DI CALCOLO.....</b>                                | <b>18</b> |
| 3.1. CARATTERISTICHE DEL SOFTWARE SCAT .....                      | 18        |
| 3.1.1. SCHEMATIZZAZIONE DI CALCOLO.....                           | 18        |
| 3.1.2. VERIFICHE.....   | 18        |
| <b>4. ESAME DEI RISULTATI.....</b>                                | <b>19</b> |
| 4.1. GEOMETRIA SCATOLARE.....                                     | 19        |
| 4.2. CARATTERISTICHE STRATI TERRENO.....                          | 20        |
| 4.3. CONDIZIONI DI CARICO.....                                    | 21        |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 2 di 75     |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

PROGETTO ESECUTIVO

|  |                  |
|--|------------------|
| <b>4.4. IMPOSTAZIONI DI PROGETTO .....</b>                               | <b>24</b>        |
| <b>4.5. DESCRIZIONE COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>                      | <b>27</b>        |
| <b>4.6. VERIFICHE FESSURAZIONE .....</b>                                 | <b>58</b>        |
| <b>4.7. INVILUPPO SPOSTAMENTI NODALI .....</b>                           | <b>65</b>        |
| <b>4.8. INVILUPPO SOLLECITAZIONI NODALI .....</b>                        | <b>66</b>        |
| <b>4.9. INVILUPPO PRESSIONI TERRENO .....</b>                            | <b>67</b>        |
| <b>4.10. INVILUPPO VERIFICHE STATO LIMITE ULTIMO (SLU).....</b>          | <b>68</b>        |
| <b>4.11. INVILUPPO VERIFICHE STATO LIMITE ESERCIZIO (SLE).....</b>       | <b>70</b>        |
| <br>   |                  |
| <b><u>5. OPERE PROVVISORIE PER LA FASE DI VARO DEL MONOLITE.....</u></b> | <b><u>73</u></b> |
| <br>   |                  |
| <b>5.1. MURO DI SPINTA E PLATEA DI VARO .....</b>                        | <b>73</b>        |

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA                  | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26<br><b>Relazione di calcolo sottovia</b> | <i>Pagina</i> 3 di 75     |

## 1. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Nel seguito si tratterà delle strutture in calcestruzzo armato relative alla realizzazione del manufatto a spinta ubicato al tronco 26 dalla progressiva 0+109.78 alla progressiva 0+118.17 avente le seguenti dimensioni:

- 8.07x10.80

Nella relazione si descrivono i problemi di carattere strutturale che sono stati affrontati nel corso della progettazione e per essi vengono espone le modalità di soluzione e le procedure di calcolo adottate per la determinazione delle dimensioni delle strutture principali.

La relazione si completa mediante una serie di elaborati che consistono in tabelle schematiche riportanti le caratteristiche della sollecitazione utilizzate alla base della verifica degli elementi strutturali costituenti il manufatto, nonché le verifiche di resistenza dei materiali, eseguite nelle sezioni più significative e maggiormente sollecitate dei manufatti.

### 1.1. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La progettazione degli elementi strutturali è stata condotta in conformità al quadro legislativo attualmente vigente in merito al dimensionamento delle strutture e per quanto riguarda la classificazione sismica del territorio nazionale. Le norme di riferimento adottate sono riportate nel seguito:

- Legge 5 Novembre 1971 n° 1086 – Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- NTC2008 – Norme Tecniche delle costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008;
- Norma tecnica UNI ENV 1992-1-1:1993, Eurocodice 2 progettazione delle strutture di calcestruzzo;

### 1.2. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI DEI MATERIALI

La forte importanza che riveste la durabilità dell'opera in funzione dell'ambiente nel quale è inserita, ha comportato una notevole attenzione alle tipologie dei materiali da utilizzarsi per le strutture da realizzare. Si consideri, infatti, che il manufatto deve garantire adeguati livelli di sicurezza anche dopo l'inevitabile degrado dei materiali dovuto al tempo ed all'azione degli agenti atmosferici.

Tutti questi elementi ambientali costituiscono dei fattori importantissimi dai quali non è possibile esulare quando si stabilisce la tipologia dei materiali che saranno impiegati per la realizzazione dell'opera, pensando questo nell'ottica di garantire alla stessa una vita media compatibile con l'investimento che si sta realizzando.

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA                  | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | – SOTTOPASSO TRONCO 26<br><b>Relazione di calcolo sottovia</b> | <i>Pagina</i> 4 di 75     |

### 1.2.1. Classi di esposizione ambientale

Ai fini di una corretta prescrizione del calcestruzzo, occorre classificare l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale sarà inserito. Per "ambiente", in questo contesto, si intende l'insieme delle azioni chimico-fisiche alle quali si presume che potrà essere esposto il calcestruzzo durante il periodo di vita delle opere e che causa effetti che non possono essere classificati come dovuti a carichi o ad azioni indirette quali deformazioni impresse, cedimenti e variazioni termiche.

In funzione di tali azioni, sono individuate le classi e sottoclassi di esposizione ambientale del calcestruzzo elencate nella tabella che segue.

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA                  | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26<br><b>Relazione di calcolo sottovia</b> | <i>Pagina</i> 5 di 75     |

Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale, in funzione delle condizioni ambientali secondo norma UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006

| Classe esposizione norma UNI 9858  | Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 -1 | Descrizione dell'ambiente   | Esempio  | Massimo rapporto a/c | Minima Classe di resistenza | Contenuto minimo in aria (%) |
|--|--|---|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>  |  |   |  |                      |                             |                              |
| 1  | X0   | Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto. | Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.   | -                    | C 12/15                     |                              |
| <b>2 Corrosione indotta da carbonatazione</b>  |  |   |  |                      |                             |                              |
| Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel coprifero o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi su può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente. |  |   |  |                      |                             |                              |
| 2 a  | XC1  | Asciutto o permanentemente bagnato.   | Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.  | 0,60                 | C 25/30                     |                              |
| 2 a  | XC2  | Bagnato, raramente asciutto.  | Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.  | 0,60                 | C 25/30                     |                              |
| 5 a  | XC3  | Umidità moderata.   | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.  | 0,55                 | C 28/35                     |                              |
| 4 a<br>5 b   | XC4  | Ciclicamente asciutto e bagnato.  | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.   | 0,50                 | C 32/40                     |                              |
| <b>3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>   |  |   |  |                      |                             |                              |
| 5 a  | XD1  | Umidità moderata.   | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.  | 0,55                 | C 28/35                     |                              |
| 4 a<br>5 b   | XD2  | Bagnato, raramente asciutto.  | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenete cloruri (Piscine).  | 0,50                 | C 32/40                     |                              |
| 5 c  | XD3  | Ciclicamente bagnato e asciutto.  | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto. | 0,45                 | C 35/45                     |                              |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 6 di 75     |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

PROGETTO ESECUTIVO

| Classe esposizione norma UNI 9858   | Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 -1 | Descrizione dell'ambiente  | Esempio   | Massimo rapporto a/c | Minima Classe di resistenza | Contenuto minimo in aria (%) |
|---|--|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <b>4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>  |  |  |   |                      |                             |                              |
| 4 a<br>5 b  | <b>XS1</b>                                       | Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare .      | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.  | 0,50                 | C 32/40                     |                              |
|   | <b>XS2</b>                                       | Permanentemente sommerso.  | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersi in acqua.  | 0,45                 | C 35/45                     |                              |
|   | <b>XS3</b>                                       | Zone esposte agli spruzzi o alle marea.  | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.   | 0,45                 | C 35/45                     |                              |
| <b>5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti *</b>   |  |  |   |                      |                             |                              |
| 2 b   | <b>XF1</b>                                       | Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.                           | Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo.<br>Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.                            | 0,50                 | C 32/40                     |                              |
| 3   | <b>XF2</b>                                       | Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.                          | Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.  | 0,50                 | C 25/30                     | 3,0                          |
| 2 b   | <b>XF3</b>                                       | Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante                             | Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.  | 0,50                 | C 25/30                     | 3,0                          |
| 3   | <b>XF4</b>                                       | Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.       | Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.     | 0,45                 | C 28/35                     | 3,0                          |
| <b>6 Attacco chimico**</b>  |  |  |   |                      |                             |                              |
| 5 a   | <b>XA1</b>                                       | Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1    | Contenitori di fanghi e vasche di decantazione.<br>Contenitori e vasche per acque reflue.   | 0,55                 | C 28/35                     |                              |
| 4 a<br>5 b  | <b>XA2</b>                                       | Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1 | Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.   | 0,50                 | C 32/40                     |                              |
| 5 c   | <b>XA3</b>                                       | Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1    | Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive.<br>Contenitori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale.<br>Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali. | 0,45                 | C 35/45                     |                              |
| <p>*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione:<br/>                     - moderato: occasionalmente gelato in condizioni di saturazione;<br/>                     - elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.</p> <p>**) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.</p> |  |  |   |                      |                             |                              |

**Tabella 1.1: Classi di esposizione e requisiti minimi del calcestruzzo in funzione della classe d'esposizione**

Le resistenze caratteristiche  $R_{ck}$  della tabella precedente sono da considerarsi quelle minime in relazione agli usi indicati in funzione della classe di esposizione. Le miscele non presenteranno un contenuto di cemento minore di 280 kg/m<sup>3</sup>. La definizione di una soglia minima per il dosaggio di cemento, risponde all'esigenza di garantire in ogni caso una sufficiente quantità di pasta di cemento, condizione essenziale per ottenere un calcestruzzo indurito a struttura

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 7 di 75     |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |



chiusa e poco permeabile. Nelle normali condizioni operative, il rispetto dei valori di  $R_{ck}$  e a/c della tabella precedente può comportare dosaggi di cemento anche sensibilmente più elevati del valore minimo indicato.

Facendo riferimento alla tabella precedente, la classe di esposizione attribuita ai vari elementi strutturali costituenti le opere è così riassunta:

- Fondazione ed elevazione: XA1.

#### **CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

- Fondazione ed elevazione: C 32/40 N/mm<sup>2</sup> ;

#### **Acciaio per armature di tipo B450C**

- Modulo di elasticità di Joung (E) 210.000 N/mm<sup>2</sup>;
- Tensione caratteristica di snervamento  $f_{y\text{nom}}$  450 N/mm<sup>2</sup>;
- Tensione caratteristica di rottura  $f_{t\text{nom}}$  540 N/mm<sup>2</sup>.

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

I valori di copriferro minimo in funzione delle classi di esposizione del calcestruzzo sono indicati nella tabella seguente. La tolleranza di posizionamento delle armature  $h$ , nel caso di strutture gettate in opera, dovrà essere assunta pari ad almeno 5 mm. Considerando la classe di esposizione ambientale delle diverse sottostrutture, si dovranno adoperare dei copriferri adeguati come prescritti nella tavola delle prescrizioni dei materiali allegata al progetto. Nel caso specifico sarà considerato un valore pari a 5 cm.

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA<br>– SOTTOPASSO TRONCO 26 | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | <b>Relazione di calcolo sottovia</b>                                    | <i>Pagina</i> 8 di 75     |

| <b>Ambiente</b>                  | <b>Classe di esposizione</b> | <b>C<sub>min</sub> (mm)</b> |
|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Molto secco                      | X0                           | 15                          |
| Umido senza gelo                 | XC1 XC2                      | 20                          |
| Debolmente aggressivo            | XC3 XA1 XD1                  |                             |
| Umido con gelo                   | XF1                          |                             |
| Marino senza gelo                | XS1 XD2                      | 30                          |
| Moderatamente aggressivo         | XA2 XC4                      |                             |
| Umido con gelo e sali disgelanti | XF3                          |                             |
| Marino con gelo                  | XF2                          |                             |
| Fortemente aggressivo            | XS2 XS3XA3 XD3 XF4           | 40                          |

**Tabella 1.2 – Copriferro minimo e classi di esposizione**

### 1.2.3. Caratteristiche dei costituenti il calcestruzzo

#### **Cemento**

Si utilizzeranno unicamente i cementi previsti nella Legge 26 Maggio 1965 n° 595 che soddisfino i requisiti di accettazione elencati nella norma UNI ENV 197/1, con esclusione del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta.

#### **Acqua d'impasto**

L'acqua d'impasto, di provenienza nota, dovrà avere caratteristiche costanti nel tempo, conformi a quelle della norma UNI EN 1008.

#### **Aggregati**

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo dovranno avere caratteristiche conformi a quelle previste nella parte 1<sup>a</sup> della norma UNI 8520. Le caratteristiche dovranno essere verificate in fase di qualifica delle miscele. In caso di fornitura di aggregati da parte di azienda dotata di Sistema Qualità certificato secondo norme UNI EN ISO 9000, saranno ritenuti validi i risultati delle prove effettuate dall'Azienda.

### 1.2.4. Caratteristiche delle miscele

#### **Granulometria degli aggregati**

Per la realizzazione di calcestruzzi con classi di resistenza maggiori di C 12/15 gli aggregati dovranno appartenere ad almeno tre classi granulometriche diverse. Nella composizione della curva granulometrica nessuna frazione sarà dosata in percentuale maggiore del 55%, salvo preventiva autorizzazione del Direttore dei Lavori.

Le classi granulometriche saranno mescolate tra loro in percentuali tali da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche di riferimento, teoriche o sperimentali, scelte in modo che l'impasto fresco e indurito abbia i

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | – SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 9 di 75     |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

prescritti requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata. Si dovrà adottare una curva granulometrica che, in relazione al dosaggio di cemento, garantisca la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo.

#### **Dimensione massima nominale dell'aggregato**

La massima dimensione nominale dell'aggregato è scelta in funzione dei valori di copriferro ed interferro, delle dimensioni minime dei getti, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera utilizzati per la compattazione dei getti; come previsto nel punto 5.4. della norma UNI 9858, la dimensione massima nominale dell'aggregato non dovrà essere maggiore:

- di un quarto della dimensione minima dell'elemento strutturale;
- della distanza tra le singole barre di armatura o tra gruppi di barre d'armatura (interferro) diminuita di 5 mm;
- di 1,3 volte lo spessore del copriferro che vale 30 mm.

Dalla analisi dei dati citati si evince che la massima dimensione dell'inerte non potrà superare i 40 mm di diametro.

#### **Rapporto acqua/cemento**

La quantità d'acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto dovrà essere calcolata tenendo conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati. Si dovrà fare riferimento alla norma UNI 8520 parti 13<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup> per la condizione "satura a superficie asciutta", nella quale l'aggregato non assorbe né cede acqua all'impasto. Facendo riferimento inoltre alla classe di esposizione ambientale, il rapporto acqua cemento non potrà superare il valore  $a/c = 0,60$ .

In questo paragrafo, sono indicate le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni in sito e di riporto per la realizzazione del rilevato stradale (utilizzati per la determinazione della spinta agente sulle strutture).

## 1.3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

### 1.3.1. Rilevato Stradale

|  |        |                   |
|--|--------|-------------------|
| ▶ Peso di volume del terreno.....        | 18,00  | kN/m <sup>3</sup> |
| ▶ Peso di volume saturo del terreno..... | 20,00  | kN/m <sup>3</sup> |
| ▶ Angolo di attrito interno.....         | 35°    |                   |
| ▶ Angolo di attrito terra- muro.....     | 23.33° |                   |
| ▶ Coesione .....                         | 0.00   | Mpa               |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 10 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

### 1.3.2. Terreni di fondazione

I terreni di fondazione interessanti l'opera possono essere caratterizzati con i parametri seguenti:

- ▶ Peso di volume del terreno ..... 18,60 kN/m<sup>3</sup>
- ▶ Peso di volume saturo del terreno ..... 20,00 kN/m<sup>3</sup>
- ▶ Angolo di attrito interno ..... 25.50°
- ▶ Angolo di attrito terra- muro ..... 17.00°
- ▶ Coesione ..... 0.004 Mpa

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA                  | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26<br><b>Relazione di calcolo sottovia</b> | <i>Pagina</i> 11 di 75    |

## 2. SCHEMATIZZAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

### 2.1. ANALISI DEI CARICHI

#### 2.1.1. Peso proprio struttura (g1) e carichi permanenti (g2)

Il peso proprio delle strutture è determinato automaticamente dal programma di calcolo, mentre i carichi permanenti agenti, sono stati applicati esplicitamente dopo apposito calcolo.

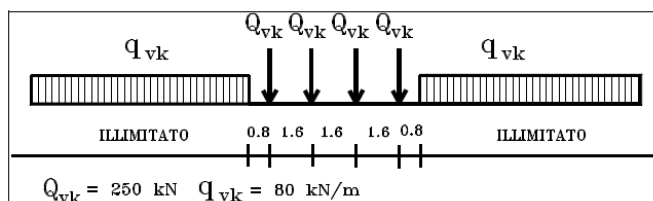
#### 2.1.2. Azioni antropiche

##### 2.1.2.1. Azioni variabili verticali – Treni di carico

I carichi verticali sono definiti per mezzo di modelli di carico; in particolare, sono forniti due treni di carico distinti: il primo rappresentativo del traffico normale (Treno di carico **LM 71**), il secondo rappresentativo del traffico pesante (Treno di carico **SW**). I valori dei suddetti carichi dovranno essere moltiplicati per un coefficiente di adattamento "α", variabile in ragione della tipologia dell'infrastruttura (ferrovie ordinarie, ferrovie leggere, metropolitane, ecc.). Sono considerate tre tipologie di carico i cui valori caratteristici sono definiti nel seguito. Nel seguito, i riferimenti ai modelli di carico LM 71, SW/0 e SW/2 ed alle loro componenti si intendono, in effetti, pari al prodotto dei coefficienti α per i carichi indicati nelle figure seguenti.

##### 2.1.2.1.1. Treno di carico LM 71

Questo treno di carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale come mostrato nella figura seguente e risulta costituito da:



**Figura 2.1: Treno di carico LM 71**

- quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;
- carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.

Per questo modello di carico è prevista una eccentricità del carico rispetto all'asse del binario, dipendente dallo scartamento  $s$ , per tenere conto dello spostamento dei carichi; pertanto, essa è indipendente dal tipo di struttura e di

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 12 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

armamento. Tale eccentricità è calcolata sulla base del rapporto massimo fra i carichi afferenti a due ruote appartenenti al medesimo asse:  $Q_{V2}/Q_{V1}=1.25$

essendo  $Q_{V1}$  e  $Q_{V2}$  i carichi verticali delle ruote di un medesimo asse, e risulta quindi pari a  $s/18$  con  $s=1435$  mm; questa eccentricità deve essere considerata nella direzione più sfavorevole. Il carico distribuito presente alle estremità del treno tipo LM 71 deve segmentarsi al di sopra dell'opera andando a caricare solo quelle parti che forniscono un incremento del contributo ai fini della verifica dell'elemento per l'effetto considerato. Questa operazione di segmentazione non va effettuata per i successivi modelli di carico SW che devono essere considerati sempre agenti per tutta la loro estensione.

### 2.1.2.1.2. Treno di carico SW

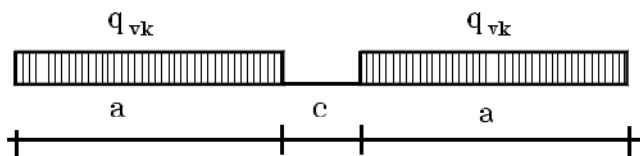


Figura 2.2: Treno di carico SW

Tale carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante. L'articolazione del carico è mostrata in Fig. 5.2.2 e, per tale modello di carico, sono considerate due distinte configurazioni denominate SW/0 ed SW/2 (l'SW/0 andrà utilizzato solo per le travi continue qualora più sfavorevole dell'LM71). Le caratterizzazioni di entrambe queste configurazioni sono indicate nella Tab. 5.2.I. della normativa vigente.

Tabella 5.2.I - Caratteristiche Treno di Carico SW

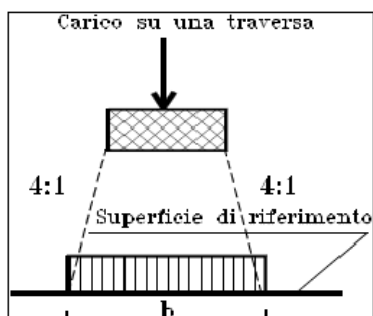
| Tipo di Carico | $q_{vk}$ [kN/m] | a [m] | c [m] |
|----------------|-----------------|-------|-------|
| SW/0           | 133             | 15,0  | 5,3   |
| SW/2           | 150             | 25,0  | 7,0   |

### 2.1.2.2. Ripartizione dei carichi

#### 2.1.2.2.1. Distribuzione longitudinale del carico per mezzo delle traverse e del ballast

In generale, i carichi assiali del modello di carico LM 71 possono essere distribuiti uniformemente nel senso longitudinale, come riportato nella figura seguente.

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 13 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

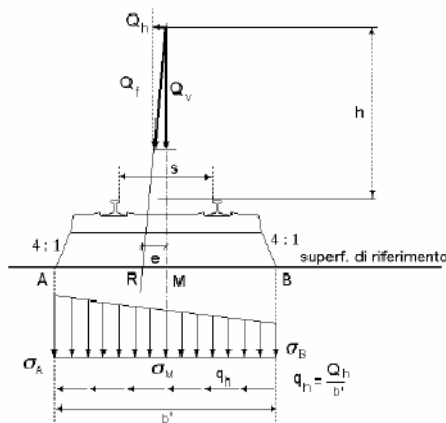


**Figura 2.3: Distribuzione longitudinale attraverso il ballast**

In particolare, per le solette, salvo diverse e più accurate determinazioni, potrà considerarsi una ripartizione a 45° dalla superficie di estradosso fino al piano medio delle stesse.

### 2.1.2.2.2. Distribuzione trasversale delle azioni per mezzo delle traverse e del ballast

Salvo più accurate determinazioni, per ponti con armamento su ballast in rettifilo, le azioni possono distribuirsi trasversalmente secondo lo schema riportato nella figura seguente.



**Figura 2.4: Distribuzione trasversale attraverso le traverse e il ballast**

### 2.1.2.3. Effetti dinamici

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

Nella tabella seguente sono riportati i coefficienti dinamici da utilizzare per la verifica delle solette.

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 14 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

Tab. 5.2.II - Lunghezza caratteristica  $L_{\phi}$

| Caso  | Elemento strutturale   | Lunghezza $L_{\phi}$   |
|---|--|--|
| <b>TRAVI PRINCIPALI</b>   |  |  |
| 5   | 5.1 Travi e solette semplicemente appoggiate (compresi i solettomi a travi incorporate)  | Luce nella direzione delle travi principali  |
|   | 5.2 Travi e solette continue su n luci, indicando con:<br>$L_m = 1/n \cdot (L_1 + L_2 + \dots + L_n)$  | $L_{\phi} = k L_m$ dove:<br>$n = 2 - 3 - 4 - \geq 5$<br>$k = 1,2 - 1,3 - 1,4 - 1,5$  |
|   | 5.3 Portali:<br>- a luce singola   | da considerare come trave continua a tre luci (usando la 5.2 considerando le altezze dei piedritti e la lunghezza del traverso)                  |
|   | - a luci multiple  | da considerare come trave continua a più luci (usando la 5.2 considerando le altezze dei piedritti terminali e la lunghezza di tutti i traversi) |
|   | 5.4 Solette ed altri elementi di scatolari per uno o più binari (sottovia di altezza libera $\leq 5,0$ m e luce libera $\leq 8,0$ m):<br>Per gli scatolari che non rispettano i precedenti limiti vale il punto 5.3, trascurando la presenza della soletta inferiore e considerando un coefficiente riduttivo del $\Phi$ pari a 0,9, da applicare al coefficiente $\Phi$ | $\Phi_2 = 1,20$ ; $\Phi_3 = 1,35$  |
|   | 5.5 Travi ad asse curvilineo, archi a spinta eliminata, archi senza riempimento  | metà della luce libera   |
| 5.6 Archi e serie di archi con riempimento                              | due volte la luce libera   |  |
| 5.7 Strutture di sospensione (di collegamento a travi di irrigidimento) | 1 volta la distanza longitudinale fra le strutture di sospensione.   |  |
| <b>SUPPORTI STRUTTURALI</b>   |  |  |
| 6   | 6.1 Pile con snellezza $\lambda > 30$  | Somma delle lunghezze delle campate adiacenti la pila  |
|   | 6.2 Appoggi, calcolo delle tensioni di contatto al di sotto degli  | Lunghezza degli elementi sostenuti   |

#### 2.1.2.4. Azioni di avviamento e frenatura

Le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso. Dette forze sono da considerarsi uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato.

I valori caratteristici da considerare sono i seguenti:

avviamento:  $Q_{1a,k} = 33$  [kN/m] ·  $L[m] \leq 1000$  kN per modelli di carico LM 71, SW/0, SW/2

frenatura:  $Q_{1b,k} = 20$  [kN/m] ·  $L[m] \leq 6000$  kN per modelli di carico LM 71, SW/0

$Q_{1b,k} = 35$  [kN/m] ·  $L[m]$  per modelli di carico SW/2

Questi valori caratteristici sono applicabili a tutti i tipi di binario, sia con rotaie saldate che con rotaie giuntate, con o senza dispositivi di espansione.

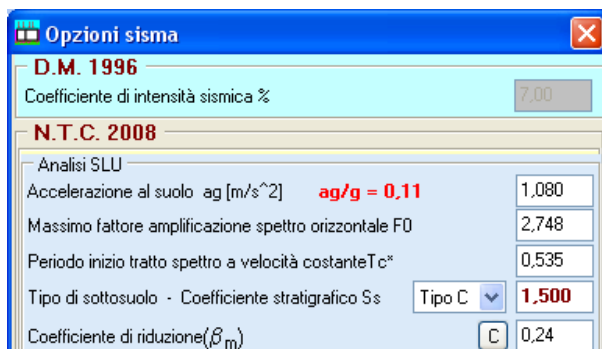
Le azioni di frenatura ed avviamento saranno combinate con i relativi carichi verticali (Per modelli di carico SW/0 e SW/2 saranno tenute in conto solo le parti di struttura che sono caricate in accordo con la Fig 5.2.2 e con la Tab 5.2.I).

#### 2.1.3. Dati sismici

Di seguito si riportano i dati sismici adoperati per l'analisi strutturale dell'opera in oggetto. Per la verifica sismica delle strutture si prende in considerazione lo stato limite ultimo di salvaguardia della Vita (SLV).

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 15 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |





**Tabella 2.1: Dati sismici utilizzati per l'analisi**

## 2.2. COMBINAZIONI DI CARICO

Di seguito si riportano i coefficienti parziali di sicurezza per le azioni definite nel capitolo 6 associata alla progettazione geotecnica.

**Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.**

| CARICHI                                   | EFFETTO     | Coefficiente Parziale<br>$\gamma_F$ (o $\gamma_E$ ) | EQU | (A1)<br>STR | (A2)<br>GEO |
|---|-------------|---|-----|-------------|-------------|
| Permanenti                                | Favorevole  | $\gamma_{G1}$                                       | 0,9 | 1,0         | 1,0         |
|   | Sfavorevole |   | 1,1 | 1,3         | 1,0         |
| Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup> | Favorevole  | $\gamma_{G2}$                                       | 0,0 | 0,0         | 0,0         |
|   | Sfavorevole |   | 1,5 | 1,5         | 1,3         |
| Variabili                                 | Favorevole  | $\gamma_{Qi}$                                       | 0,0 | 0,0         | 0,0         |
|   | Sfavorevole |   | 1,5 | 1,5         | 1,3         |

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Di seguito si riportano invece i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

| PARAMETRO                                    | GRANDEZZA ALLA QUALE<br>APPLICARE IL<br>COEFFICIENTE PARZIALE | COEFFICIENTE<br>PARZIALE<br>$\gamma_M$ | (M1) | (M2) |
|--|---|--|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \phi'_k$  | $\gamma_{\phi'}$                       | 1,0  | 1,25 |
| Coesione efficace                            | $c'_k$  | $\gamma_{c'}$                          | 1,0  | 1,25 |
| Resistenza non drenata                       | $c_{uk}$  | $\gamma_{cu}$                          | 1,0  | 1,4  |
| Peso dell'unità di volume                    | $\gamma$  | $\gamma_\gamma$                        | 1,0  | 1,0  |

Le verifiche vengono condotte definendo diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definite per le azioni (A1 e A2) e per i parametri geotecnici (M1 e M2).

|  |  |                               |
|--|--|-------------------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA<br>– SOTTOPASSO TRONCO 26 | Data: Ottobre 2011            |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx |  | Relazione di calcolo sottovia |

Nell'approccio 1 sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA                  | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26<br><b>Relazione di calcolo sottovia</b> | <i>Pagina</i> 17 di 75    |

### 3. I CODICI DI CALCOLO

#### 3.1. CARATTERISTICHE DEL SOFTWARE SCAT

Il programma *SCAT*<sup>®</sup> è dedicato all'analisi e al calcolo di strutture scatolari interrate. La versione del programma utilizzata è la Rel. 10.03c del 2010, distribuita dalla società AZTECH, nella forma originale commercializzata senza alcuna modifica apportata da parte dell'utente.

##### 3.1.1. Schematizzazione di calcolo

Partendo dalle caratteristiche meccaniche del terreno, dalla geometria dell'opera e dai sovraccarichi agenti, il programma analizza la struttura scatolare schematizzandola come un telaio piano costituito da elementi trave aventi base pari a 100cm e risolvendola mediante il metodo degli elementi finiti (FEM).

Il terreno di rinfiacco e di fondazione viene invece schematizzato, se esplicitamente richiesto in fase di input dei dati, con una serie di elementi molle non reagenti a trazione (modello di Winkler).

A partire dalla matrice di rigidezza del singolo elemento,  $\mathbf{K}_e$ , si assembla la matrice di rigidezza di tutta la struttura  $\mathbf{K}$ . Tutti i carichi agenti sulla struttura vengono trasformati in carichi nodali (reazioni di incastro perfetto) ed inseriti nel vettore dei carichi nodali  $\mathbf{p}$ .

Indicando con  $\mathbf{u}$  il vettore degli spostamenti nodali (incogniti), la relazione risolutiva può essere scritta nella forma:

$$|\mathbf{K}| \cdot \{u\} = \{p\}$$

Da questa equazione matriciale si ricavano gli spostamenti incogniti  $\mathbf{u}$

$$\{u\} = |\mathbf{K}|^{-1} \cdot \{p\}$$

Noti gli spostamenti nodali è possibile risalire alle sollecitazioni nei vari elementi.

La soluzione del sistema viene fatta per ogni combinazione di carico impostata.

##### 3.1.2. Verifiche

La verifica vengono condotte tenendo conto delle condizioni più gravose che si individuano dall'involuppo delle sollecitazioni agenti nelle diverse combinazioni di carico.

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA                  | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26<br><b>Relazione di calcolo sottovia</b> | <i>Pagina</i> 18 di 75    |

## 4. ESAME DEI RISULTATI

### RIPARTIZIONE TRASVERSALE DEI CARICHI PER IL MANUFATTO A SPINTA

#### DATI GEOMETRICI

|           |        |  |
|-----------|--------|--|
| $L_t$     | 2.40 m | Larghezza della traversina                               |
| $S_b$     | 0.60 m | Spessore del ballast                                     |
| $P_{rb}$  | 4.00   | Fattore di pendenza per ripartizione nel ballast prb:1   |
| $S_{sol}$ | 1.40 m | Spessore soletta+ricoprimento terreno                    |
| $P_{rs}$  | 2.00   | Fattore di pendenza per ripartizione nella soletta prs:1 |
| $L_{tr}$  | 9 m    | Luce totale dello scatolare                              |
| $b'$      | 4.10 m | Larghezza di ripartizione in asse soletta                |
| $\alpha$  | 1.10   | Coefficiente di adattamento                              |

#### TRENO DI CARICO LM71

|          |            |  |
|----------|------------|--|
| $q_{vk}$ | 88.00 kN/m | Carico distribuito di normativa (comprensivo di $\alpha$ ) |
| $Q_{vk}$ | 275.00 kN  | Carico concentrato di normativa (comprensivo di $\alpha$ ) |

|           |              |  |
|-----------|--------------|--|
| $q_{vkd}$ | 29.81 kN/m/m | Carico distribuito per m di larghezza, compreso $\phi$ (da applicare al modello) |
| $Q_{vkd}$ | 93.16 kN/m   | Carico concentrato per m di larghezza, compreso $\phi$ (da applicare al modello) |

#### TRENO DI CARICO SW/2

|          |             |  |
|----------|-------------|--|
| $q_{vk}$ | 165.00 kN/m | Carico distribuito di normativa (comprensivo di $\alpha$ ) |
|----------|-------------|--|

|           |              |  |
|-----------|--------------|--|
| $q_{vkd}$ | 55.90 kN/m/m | Carico distribuito per m di larghezza, compreso $\phi$ (da applicare al modello) |
|-----------|--------------|--|

#### COEFFICIENTE DI INCREMENTO DINAMICO DEI CARICHI

|          |       |                          |
|----------|-------|--------------------------|
| $L_\phi$ | 8.6 m | Lunghezza caratteristica |
| $\Phi_3$ | 1.389 | Coefficiente dinamico    |

#### AVVIAMENTO

|               |            |  |
|---------------|------------|--|
| $q_{1a,k}$    | 33 kN/m    | Carico distribuito di normativa  |
| $Q_{1a,k}$    | 297 kN     | Carico totale di normativa   |
| $q_{1a,krip}$ | 11.18 kN/m | Carico distribuito per metro di larghezza, compreso $\phi$ (da applicare al modello) |

#### FRENAMENTO

|                |               |  |
|----------------|---------------|--|
| $q_{1b,k1}$    | 20 kN/m       | Forza di frenamento per treno LM71, SW/0   |
| $Q_{1b,k1}$    | 180 kN        |  |
| $q_{1b,k2}$    | 35 kN/m       | Forza di frenamento per treno SW/2   |
| $Q_{1b,k2}$    | 315 kN        |  |
| $q_{1b,k1rip}$ | 6.7756 kN/m/m | Forza di frenamento per treno LM71, SW/0 per m di larghezza, compreso $\phi$ (da applicare al modello) |
| $q_{1b,k2rip}$ | 11.857 kN/m/m | Forza di frenamento per treno SW/2 per m di larghezza, compreso $\phi$ (da applicare al modello)       |

### 4.1. GEOMETRIA SCATOLARE

|  |       |     |
|--|-------|-----|
| Altezza esterna                          | 8,10  | [m] |
| Larghezza esterna                        | 10,40 | [m] |
| Lunghezza mensola di fondazione sinistra | 0,00  | [m] |
| Lunghezza mensola di fondazione destra   | 0,00  | [m] |
| Spessore piedritto sinistro              | 1,10  | [m] |
| Spessore piedritto destro                | 1,10  | [m] |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 19 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

|                     |      |     |
|---------------------|------|-----|
| Spessore fondazione | 1,10 | [m] |
| Spessore traverso   | 1,10 | [m] |

## 4.2. CARATTERISTICHE STRATI TERRENO

### Strato di ricoprimento

| Descrizione           | Terreno di ricoprimento |                      |
|-----------------------|-------------------------|----------------------|
| Spessore dello strato | 1,10                    | [m]                  |
| Peso di volume        | 18,0000                 | [kN/mc]              |
| Peso di volume saturo | 19,0000                 | [kN/mc]              |
| Angolo di attrito     | 35,00                   | [°]                  |
| Coesione              | 0,000                   | [N/mm <sup>2</sup> ] |

### Strato di rinfianco

| Descrizione                         | Terreno di rinfianco |                         |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| Peso di volume                      | 18,0000              | [kN/mc]                 |
| Peso di volume saturo               | 19,0000              | [kN/mc]                 |
| Angolo di attrito                   | 35,00                | [°]                     |
| Angolo di attrito terreno struttura | 23,00                | [°]                     |
| Coesione                            | 0,000                | [N/mm <sup>2</sup> ]    |
| Costante di Winkler                 | 0,098                | [N/mm <sup>2</sup> /cm] |

### Strato di base

| Descrizione                         | Terreno di base |                         |
|-------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| Peso di volume                      | 18,6000         | [kN/mc]                 |
| Peso di volume saturo               | 20,0000         | [kN/mc]                 |
| Angolo di attrito                   | 25,50           | [°]                     |
| Angolo di attrito terreno struttura | 25,50           | [°]                     |
| Coesione                            | 0,004           | [N/mm <sup>2</sup> ]    |
| Costante di Winkler                 | 0,392           | [N/mm <sup>2</sup> /cm] |
| Tensione ammissibile                | 0,981           | [N/mm <sup>2</sup> ]    |

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA                  | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26<br><b>Relazione di calcolo sottovia</b> | <i>Pagina</i> 20 di 75    |

## 4.3. CONDIZIONI DI CARICO

### *Convenzioni adottate*

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura

Carichi verticali positivi se diretti verso il basso

Carichi orizzontali positivi se diretti verso destra

Coppie concentrate positive se antiorarie

Ascisse X (espresse in m) positive verso destra

Ordinate Y (espresse in m) positive verso l'alto

Carichi concentrati espressi in kN

Coppie concentrate espressi in kNm

Carichi distribuiti espressi in kN/m

### *Simbologia adottata e unità di misura*

#### *Forze concentrate*

X ascissa del punto di applicazione dei carichi verticali concentrati

Y ordinata del punto di applicazione dei carichi orizzontali concentrati

F<sub>y</sub> componente Y del carico concentrato

F<sub>x</sub> componente X del carico concentrato

M momento

#### *Forze distribuite*

X<sub>i</sub>, X<sub>f</sub> ascisse del punto iniziale e finale per carichi distribuiti verticali

Y<sub>i</sub>, Y<sub>f</sub> ordinate del punto iniziale e finale per carichi distribuiti orizzontali

V<sub>ni</sub> componente normale del carico distribuito nel punto iniziale

V<sub>nf</sub> componente normale del carico distribuito nel punto finale

V<sub>ti</sub> componente tangenziale del carico distribuito nel punto iniziale

V<sub>tf</sub> componente tangenziale del carico distribuito nel punto finale

D<sub>te</sub> variazione termica lembo esterno espressa in gradi centigradi

D<sub>ti</sub> variazione termica lembo interno espressa in gradi centigradi

### Condizione di carico n°1 (Peso Proprio)

### Condizione di carico n°2 (Spinta terreno sinistra)

### Condizione di carico n°3 (Spinta terreno destra)

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA                  | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | – SOTTOPASSO TRONCO 26<br><b>Relazione di calcolo sottovia</b> | <i>Pagina</i> 21 di 75    |

Condizione di carico n°4 (Sisma da sinistra)

Condizione di carico n°5 (Sisma da destra)

Condizione di carico n° 7 (LM71SX)

|               |                |               |                  |                  |
|---------------|----------------|---------------|------------------|------------------|
| Distr Terreno | $X_i = -20,00$ | $X_f = 0,10$  | $V_{ni} = 29,81$ | $V_{ni} = 29,81$ |
| Conc Terreno  | $X = 0,90$     | $F_y = 93,16$ |                  |                  |
| Conc Terreno  | $X = 2,50$     | $F_y = 93,16$ |                  |                  |
| Conc Terreno  | $X = 4,10$     | $F_y = 93,16$ |                  |                  |
| Conc Terreno  | $X = 5,70$     | $F_y = 93,16$ |                  |                  |
| Distr Terreno | $X_i = 6,50$   | $X_f = 50,00$ | $V_{ni} = 29,81$ | $V_{ni} = 29,81$ |

Condizione di carico n° 8 (LM71CX)

|               |                |               |                  |                  |
|---------------|----------------|---------------|------------------|------------------|
| Distr Terreno | $X_i = -20,00$ | $X_f = 2,00$  | $V_{ni} = 29,81$ | $V_{ni} = 29,81$ |
| Conc Terreno  | $X = 2,80$     | $F_y = 93,16$ |                  |                  |
| Conc Terreno  | $X = 4,40$     | $F_y = 93,16$ |                  |                  |
| Conc Terreno  | $X = 6,00$     | $F_y = 93,16$ |                  |                  |
| Conc Terreno  | $X = 7,60$     | $F_y = 93,16$ |                  |                  |
| Distr Terreno | $X_i = 8,40$   | $X_f = 50,00$ | $V_{ni} = 29,81$ | $V_{ni} = 29,81$ |

Condizione di carico n° 9 (LM71DX)

|               |                |               |                  |                  |
|---------------|----------------|---------------|------------------|------------------|
| Distr Terreno | $X_i = -20,00$ | $X_f = 3,90$  | $V_{ni} = 29,81$ | $V_{ni} = 29,81$ |
| Conc Terreno  | $X = 4,70$     | $F_y = 93,16$ |                  |                  |
| Conc Terreno  | $X = 6,30$     | $F_y = 93,16$ |                  |                  |
| Conc Terreno  | $X = 7,90$     | $F_y = 93,16$ |                  |                  |
| Conc Terreno  | $X = 9,50$     | $F_y = 93,16$ |                  |                  |
| Distr Terreno | $X_i = 10,30$  | $X_f = 50,00$ | $V_{ni} = 29,81$ | $V_{ni} = 29,81$ |

Condizione di carico n° 10 (SW2)

|               |               |               |                  |                  |
|---------------|---------------|---------------|------------------|------------------|
| Distr Terreno | $X_i = -7,30$ | $X_f = 17,70$ | $V_{ni} = 55,90$ | $V_{ni} = 55,90$ |
|---------------|---------------|---------------|------------------|------------------|

Condizione di carico n° 11 (Delta T+)

|               |                  |                  |
|---------------|------------------|------------------|
| Term Traverso | $D_{te} = 15,00$ | $D_{ti} = 15,00$ |
| Term Fondaz.  | $D_{te} = 15,00$ | $D_{ti} = 15,00$ |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 22 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

PROGETTO ESECUTIVO

Term Pied\_S  $D_{te}= 15,00$   $D_{ti}= 15,00$

Term Pied\_D  $D_{te}= 15,00$   $D_{ti}= 15,00$

Condizione di carico n° 12 (MASSICCIATA)

Distr Terreno  $X_i= -8,75$   $X_f= 19,15$   $V_{ni}= 10,80$   $V_{ni}= 10,80$

Condizione di carico n° 13 (Delta T-)

Term Fondaz.  $D_{te}= -15,00$   $D_{ti}= -15,00$

Term Traverso  $D_{te}= -15,00$   $D_{ti}= -15,00$

Term Pied\_S  $D_{te}= -15,00$   $D_{ti}= -15,00$

Term Pied\_D  $D_{te}= -15,00$   $D_{ti}= -15,00$

Condizione di carico n° 14 (AVVIAMENTO)

Distr Traverso  $X_i= 0,00$   $X_f= 10,40$   $V_{ni}= 0,00$   $V_{ni}= 0,00$   $V_{ti}= 11,18$   $V_{ti}= 11,18$

Condizione di carico n° 15 (FRENAMENTO SW)

Distr Traverso  $X_i= 0,00$   $X_f= 10,40$   $V_{ni}= 0,00$   $V_{ni}= 0,00$   $V_{ti}= 11,86$   $V_{ti}= 11,86$

Condizione di carico n° 16 (FRENAMENTO LM71)

Distr Traverso  $X_i= 0,00$   $X_f= 10,40$   $V_{ni}= 0,00$   $V_{ni}= 0,00$   $V_{ti}= 6,77$   $V_{ti}= 6,77$

Condizione di carico n° 17 (LM71SX0.8)

Distr Terreno  $X_i= -20,00$   $X_f= 0,10$   $V_{ni}= 23,84$   $V_{ni}= 23,84$

Distr Terreno  $X_i= 6,50$   $X_f= 50,00$   $V_{ni}= 23,84$   $V_{ni}= 23,84$

Conc Terreno  $X= 0,90$   $F_y= 74,53$

Conc Terreno  $X= 2,50$   $F_y= 74,53$

Conc Terreno  $X= 4,10$   $F_y= 74,53$

Conc Terreno  $X= 5,70$   $F_y= 74,53$

Condizione di carico n° 18 (LM71CX0.8)

Distr Terreno  $X_i= -20,00$   $X_f= 2,00$   $V_{ni}= 23,84$   $V_{ni}= 23,84$

Conc Terreno  $X= 2,80$   $F_y= 74,53$

Conc Terreno  $X= 4,40$   $F_y= 74,53$

Conc Terreno  $X= 6,00$   $F_y= 74,53$

Conc Terreno  $X= 7,60$   $F_y= 74,53$

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA<br>- SOTTOPASSO TRONCO 26 | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | <b>Relazione di calcolo sottovia</b>                                    | <i>Pagina</i> 23 di 75    |



PROGETTO ESECUTIVO

Distr Terreno  $X_i= 8,40$   $X_f= 50,00$   $V_{ni}= 23,84$   $V_{ni}= 23,84$

Condizione di carico n° 19 (LM71DX0.8)

Distr Terreno  $X_i= -20,00$   $X_f= 3,90$   $V_{ni}= 23,84$   $V_{ni}= 23,84$

Conc Terreno  $X= 4,70$   $F_y= 74,53$

Conc Terreno  $X= 6,30$   $F_y= 74,53$

Conc Terreno  $X= 7,90$   $F_y= 74,53$

Conc Terreno  $X= 9,50$   $F_y= 74,53$

Distr Terreno  $X_i= 10,30$   $X_f= 50,00$   $V_{ni}= 23,84$   $V_{ni}= 23,84$

Condizione di carico n° 20 (SW20.8)

Distr Terreno  $X_i= -7,30$   $X_f= 17,70$   $V_{ni}= 55,90$   $V_{ni}= 55,90$

Condizione di carico n° 21 (AVVIAMENTO0.8)

Distr Traverso  $X_i= 0,00$   $X_f= 10,40$   $V_{ni}= 0,00$   $V_{ni}= 0,00$   $V_{ti}= 8,94$   $V_{ti}= 8,94$

Condizione di carico n° 22 (FRENAMENTOSW0.8)

Distr Traverso  $X_i= 0,00$   $X_f= 10,40$   $V_{ni}= 0,00$   $V_{ni}= 0,00$   $V_{ti}= 9,49$   $V_{ti}= 9,49$

Condizione di carico n° 23 (FRENAMENTOLM710.8)

Distr Traverso  $X_i= 0,00$   $X_f= 10,40$   $V_{ni}= 0,00$   $V_{ni}= 0,00$   $V_{ti}= 5,42$   $V_{ti}= 5,42$

## 4.4. IMPOSTAZIONI DI PROGETTO

Verifica materiali:

**Stato Limite Ultimo**

|   |      |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza calcestruzzo $\gamma_c$   | 1.50 |
| Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica | 0.83 |
| Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo   | 0.85 |
| Coefficiente di sicurezza acciaio                   | 1.15 |
| Coefficiente di sicurezza per la sezione            | 1.00 |

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 24 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

$$V_{Rd}=[0.18*k*(100.0*\rho_l*f_{ck})^{1/3}/\gamma_c+0.15*\sigma_{cp}]*b_w*d>(v_{min}+0.15*\sigma_{cp})*b_w*d$$

$$V_{Rsd}=0.9*d*A_{sw}/s*f_{yd}*(ctg\alpha+ctg\theta)*\sin\alpha$$

$$V_{Rcd}=0.9*d*b_w*\alpha_c*f_{cd}'*(ctg(\theta)+ctg(\alpha))/(1.0+ctg\theta^2)$$

con:

|                 |  |
|-----------------|--|
| d               | altezza utile sezione [mm]   |
| b <sub>w</sub>  | larghezza minima sezione [mm]  |
| σ <sub>cp</sub> | tensione media di compressione [N/mm <sup>2</sup> ]                      |
| ρ <sub>l</sub>  | rapporto geometrico di armatura  |
| A <sub>sw</sub> | area armatura trasversale [mm <sup>2</sup> ]                             |
| s               | interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]                  |
| α <sub>c</sub>  | coefficiente maggiorativo, funzione di f <sub>cd</sub> e σ <sub>cp</sub> |

$$f_{cd}'=0.5*f_{cd}$$

$$k=1+(200/d)^{1/2}$$

$$v_{min}=0.035*k^{3/2}*f_{ck}^{1/2}$$

### Stato Limite di Esercizio

#### Criteri di scelta per verifiche tensioni di esercizio:

Ambiente poco aggressivo

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. rare) 0.60 f<sub>ck</sub>

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. quasi perm.) 0.45 f<sub>ck</sub>

Limite tensioni di trazione nell'acciaio (comb. rare) 0.80 f<sub>yk</sub>

#### Criteri verifiche a fessurazione:

Armatura sensibile

Apertura limite fessure espresse in [mm]

Apertura limite fessure w<sub>1</sub>=0,20w<sub>2</sub>=0,30w<sub>3</sub>=0,40

#### Verifiche secondo :

Norme Tecniche 2008 - Approccio 1

Copriferro sezioni 5,00 [cm]

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 25 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA                  | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | – SOTTOPASSO TRONCO 26<br><b>Relazione di calcolo sottovia</b> | <i>Pagina</i> 26 di 75    |

## 4.5. DESCRIZIONE COMBINAZIONI DI CARICO

### Simbologia adottata

- $\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione  
 $C$  Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Norme Tecniche 2008

### Simbologia adottata

- $\gamma_{G1sfav}$  Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti  
 $\gamma_{G1fav}$  Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti  
 $\gamma_{G2sfav}$  Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti non strutturali  
 $\gamma_{G2fav}$  Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti non strutturali  
 $\gamma_Q$  Coefficiente parziale sulle azioni variabili  
 $\gamma_{\tan\phi'}$  Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato  
 $\gamma_{c'}$  Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata  
 $\gamma_{cu}$  Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata  
 $\gamma_{qu}$  Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo

### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi                    | Effetto     |                   | A1   | A2   |
|----------------------------|-------------|-------------------|------|------|
| Permanenti                 | Favorevole  | $\gamma_{G1fav}$  | 1,00 | 1,00 |
| Permanenti                 | Sfavorevole | $\gamma_{G1sfav}$ | 1,35 | 1,00 |
| Permanenti non strutturali | Favorevole  | $\gamma_{G2fav}$  | 1,00 | 1,00 |
| Permanenti non strutturali | Sfavorevole | $\gamma_{G2sfav}$ | 1,50 | 1,30 |
| Variabili                  | Favorevole  | $\gamma_{Qfav}$   | 0,00 | 0,00 |
| Variabili                  | Sfavorevole | $\gamma_{Qsfav}$  | 1,45 | 1,25 |

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri                       |                      | M1   | M2   |
|---------------------------------|----------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{\tan\phi'}$ | 1,00 | 1,25 |
| Coesione efficace               | $\gamma_{c'}$        | 1,00 | 1,25 |
| Resistenza non drenata          | $\gamma_{cu}$        | 1,00 | 1,40 |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 27 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

PROGETTO ESECUTIVO

|                                      |                   |      |      |
|--------------------------------------|-------------------|------|------|
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu}$     | 1,00 | 1,60 |
| Peso dell'unità di volume            | $\gamma_{\gamma}$ | 1,00 | 1,00 |

**Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| <i>Carichi</i> | <i>Effetto</i> |                   | <i>A1</i> | <i>A2</i> |
|----------------|----------------|-------------------|-----------|-----------|
| Permanenti     | Favorevole     | $\gamma_{G1fav}$  | 1,00      | 1,00      |
| Permanenti     | Sfavorevole    | $\gamma_{G1sfav}$ | 1,00      | 1,00      |
| Permanenti     | Favorevole     | $\gamma_{G2fav}$  | 1,00      | 1,00      |
| Permanenti     | Sfavorevole    | $\gamma_{G2sfav}$ | 1,00      | 1,00      |
| Variabili      | Favorevole     | $\gamma_{Qfav}$   | 0,00      | 0,00      |
| Variabili      | Sfavorevole    | $\gamma_{Qsfav}$  | 0,20      | 0,20      |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| <i>Parametri</i>                     |                      | <i>M1</i> | <i>M2</i> |
|--------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|
| Tangente dell'angolo di attrito      | $\gamma_{\tan\phi'}$ | 1,00      | 1,25      |
| Coesione efficace                    | $\gamma_{c'}$        | 1,00      | 1,25      |
| Resistenza non drenata               | $\gamma_{cu}$        | 1,00      | 1,40      |
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu}$        | 1,00      | 1,60      |
| Peso dell'unità di volume            | $\gamma_{\gamma}$    | 1,00      | 1,00      |

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0,80$   $\Psi_1=0,80$   $\Psi_2=0,80$

Combinazione n° 1 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | <b>C</b> |
|-------------------------|----------|--------|----------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| LM71SX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20     |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20     |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20     |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 28 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

Combinazione n° 2 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71SX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 3 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 4 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 5 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71SX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 29 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

PROGETTO ESECUTIVO

|                 |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|
| AVVIAMENTO      | 0.20 | 1.00 | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71 | 0.20 | 1.00 | 0.20 |

Combinazione n° 6 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71SX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 9 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 30 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

PROGETTO ESECUTIVO

|                 |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|
| Sisma da destra | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| LM71SX          | 0.20 | 1.00 | 0.20 |
| MASSICCIATA     | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| AVVIAMENTO      | 0.20 | 1.00 | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71 | 0.20 | 1.00 | 0.20 |

Combinazione n° 10 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 11 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71SX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 12 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 31 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |



Combinazione n° 13 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71SX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 14 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 15 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71SX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 16 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 32 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

PROGETTO ESECUTIVO

|                 |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|
| Sisma da destra | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| MASSICCIATA     | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Combinazione n° 17 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71CX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 18 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 19 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71CX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 33 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

Combinazione n° 20 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 21 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 22 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71CX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 23 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 34 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

Combinazione n° 24 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71CX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 25 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 26 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 27 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71CX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 35 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

PROGETTO ESECUTIVO

|                 |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|
| FRENAMENTO LM71 | 0.20 | 1.00 | 0.20 |
| AVVIAMENTO      | 0.20 | 1.00 | 0.20 |

Combinazione n° 28 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71CX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 29 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71CX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 30 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 36 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

Combinazione n° 31 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71CX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 32 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 33 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 34 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 37 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

Combinazione n° 35 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71DX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 36 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71DX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 37 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 38 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 38 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

PROGETTO ESECUTIVO

|                   |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|
| Sisma da sinistra | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| MASSICCIATA       | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Combinazione n° 39 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71DX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 40 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71DX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 41 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| LM71DX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 39 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |



Combinazione n° 42 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| LM71DX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 43 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 44 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 45 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 40 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

Combinazione n° 46 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| LM71DX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 47 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO LM71         | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| LM71DX                  | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 48 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 49 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 41 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

PROGETTO ESECUTIVO

|                       |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|
| Spinta terreno destra | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Sisma da sinistra     | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| MASSICCIATA           | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Combinazione n° 50 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 51 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| SW2                     | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO SW           | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 52 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| SW2                     | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO SW           | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 42 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

Combinazione n° 53 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 54 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 55 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| SW2                     | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO SW           | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 56 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da sinistra       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| SW2                     | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 43 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

PROGETTO ESECUTIVO

|               |      |      |      |
|---------------|------|------|------|
| FRENAMENTO SW | 0.20 | 1.00 | 0.20 |
|---------------|------|------|------|

Combinazione n° 57 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| SW2                     | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO SW           | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 58 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 59 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| SW2                     | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO SW           | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA                  | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26<br><b>Relazione di calcolo sottovia</b> | <i>Pagina</i> 44 di 75    |

Combinazione n° 60 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 61 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| SW2                     | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO SW           | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 62 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| SW2                     | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 0.20     | 1.00   | 0.20 |
| FRENAMENTO SW           | 0.20     | 1.00   | 0.20 |

Combinazione n° 63 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 45 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

PROGETTO ESECUTIVO

|                 |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|
| Sisma da destra | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| MASSICCIATA     | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Combinazione n° 64 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Sisma da destra         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 65 SLU (Caso A1-M1)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 66 SLU (Caso A1-M1)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| Spinta terreno sinistra | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| Spinta terreno destra   | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| LM71SX                  | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| MASSICCIATA             | 1.50     | 1.00   | 1.50 |
| AVVIAMENTO              | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| Delta T+                | 1.45     | 0.60   | 0.87 |

Combinazione n° 67 SLU (Caso A2-M2)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71SX                  | 1.25     | 1.00   | 1.25 |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 46 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

PROGETTO ESECUTIVO

|                 |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|
| MASSICCIATA     | 1.30 | 1.00 | 1.30 |
| AVVIAMENTO      | 1.25 | 1.00 | 1.25 |
| FRENAMENTO LM71 | 1.25 | 1.00 | 1.25 |
| Delta T+        | 1.25 | 0.60 | 0.75 |

Combinazione n° 68 SLU (Caso A2-M2)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 69 SLU (Caso A1-M1)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| Spinta terreno sinistra | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| Spinta terreno destra   | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| LM71SX                  | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| MASSICCIATA             | 1.50     | 1.00   | 1.50 |
| AVVIAMENTO              | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| Delta T-                | 1.45     | 0.60   | 0.87 |

Combinazione n° 70 SLU (Caso A2-M2)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71SX                  | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| MASSICCIATA             | 1.30     | 1.00   | 1.30 |
| AVVIAMENTO              | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| Delta T-                | 1.25     | 0.60   | 0.75 |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 47 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |



PROGETTO ESECUTIVO

Combinazione n° 71 SLU (Caso A1-M1)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| Spinta terreno sinistra | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| Spinta terreno destra   | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| LM71CX                  | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| MASSICCIATA             | 1.50     | 1.00   | 1.50 |
| AVVIAMENTO              | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| Delta T+                | 1.45     | 0.60   | 0.87 |

Combinazione n° 72 SLU (Caso A2-M2)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71CX                  | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| MASSICCIATA             | 1.30     | 1.00   | 1.30 |
| AVVIAMENTO              | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| Delta T+                | 1.25     | 0.60   | 0.75 |

Combinazione n° 73 SLU (Caso A1-M1)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| Spinta terreno sinistra | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| Spinta terreno destra   | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| LM71CX                  | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| MASSICCIATA             | 1.50     | 1.00   | 1.50 |
| AVVIAMENTO              | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| Delta T-                | 1.45     | 0.60   | 0.87 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 48 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

PROGETTO ESECUTIVO

Combinazione n° 74 SLU (Caso A2-M2)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71CX                  | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| MASSICCIATA             | 1.30     | 1.00   | 1.30 |
| AVVIAMENTO              | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| Delta T-                | 1.25     | 0.60   | 0.75 |

Combinazione n° 75 SLU (Caso A1-M1)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| Spinta terreno sinistra | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| Spinta terreno destra   | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| LM71DX                  | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| MASSICCIATA             | 1.50     | 1.00   | 1.50 |
| AVVIAMENTO              | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| Delta T+                | 1.45     | 0.60   | 0.87 |

Combinazione n° 76 SLU (Caso A2-M2)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71DX                  | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| MASSICCIATA             | 1.30     | 1.00   | 1.30 |
| AVVIAMENTO              | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| Delta T+                | 1.25     | 0.60   | 0.75 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 49 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

PROGETTO ESECUTIVO

Combinazione n° 77 SLU (Caso A1-M1)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| Spinta terreno sinistra | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| Spinta terreno destra   | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| LM71DX                  | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| MASSICCIATA             | 1.50     | 1.00   | 1.50 |
| AVVIAMENTO              | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| Delta T-                | 1.45     | 0.60   | 0.87 |

Combinazione n° 78 SLU (Caso A2-M2)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71DX                  | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| MASSICCIATA             | 1.30     | 1.00   | 1.30 |
| AVVIAMENTO              | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| Delta T-                | 1.25     | 0.60   | 0.75 |

Combinazione n° 79 SLU (Caso A1-M1)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| Spinta terreno sinistra | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| Spinta terreno destra   | 1.35     | 1.00   | 1.35 |
| SW2                     | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| MASSICCIATA             | 1.50     | 1.00   | 1.50 |
| AVVIAMENTO              | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| FRENAMENTO SW           | 1.45     | 1.00   | 1.45 |
| Delta T+                | 1.45     | 0.60   | 0.87 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 50 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

Combinazione n° 80 SLU (Caso A2-M2)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| SW2                     | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| MASSICCIATA             | 1.30     | 1.00   | 1.30 |
| AVVIAMENTO              | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| FRENAMENTO SW           | 1.25     | 1.00   | 1.25 |
| Delta T+                | 1.25     | 0.60   | 0.75 |

Combinazione n° 81 SLE (Quasi Permanente)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T+                | 1.00     | 0.80   | 0.80 |

Combinazione n° 82 SLE (Frequente)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71SX0.8               | 1.00     | 0.80   | 0.80 |
| AVVIAMENTO0.8           | 1.00     | 0.80   | 0.80 |
| FRENAMENTOLM710.8       | 1.00     | 0.80   | 0.80 |

Combinazione n° 83 SLE (Frequente)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 51 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

PROGETTO ESECUTIVO

|   |          |        |          |
|---|----------|--------|----------|
| Delta T+                                  | 1.00     | 0.80   | 0.80     |
| FRENAMENTOLM710.8                         | 1.00     | 0.80   | 0.80     |
| <u>Combinazione n° 84 SLE (Frequente)</u> |          |        |          |
|   | $\gamma$ | $\Psi$ | <b>C</b> |
| Peso Proprio                              | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| Spinta terreno sinistra                   | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| Spinta terreno destra                     | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| MASSICCIATA                               | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| Delta T-                                  | 1.00     | 0.80   | 0.80     |

Combinazione n° 85 SLE (Frequente)

|                         |          |        |          |
|-------------------------|----------|--------|----------|
|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | <b>C</b> |
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| LM71CX0.8               | 1.00     | 0.80   | 0.80     |
| AVVIAMENTO0.8           | 1.00     | 0.80   | 0.80     |
| FRENAMENTOLM710.8       | 1.00     | 0.80   | 0.80     |

Combinazione n° 86 SLE (Frequente)

|                         |          |        |          |
|-------------------------|----------|--------|----------|
|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | <b>C</b> |
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| LM71DX0.8               | 1.00     | 0.80   | 0.80     |
| AVVIAMENTO0.8           | 1.00     | 0.80   | 0.80     |
| FRENAMENTOLM710.8       | 1.00     | 0.80   | 0.80     |

Combinazione n° 87 SLE (Frequente)

|                         |          |        |          |
|-------------------------|----------|--------|----------|
|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | <b>C</b> |
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00     |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00     |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 52 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

PROGETTO ESECUTIVO

|                 |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|
| MASSICCIATA     | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| SW20.8          | 1.00 | 0.80 | 0.80 |
| AVVIAMENTO0.8   | 1.00 | 0.80 | 0.80 |
| FRENAMENTOSW0.8 | 1.00 | 0.80 | 0.80 |

Combinazione n° 88 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71SX                  | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T+                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 89 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71SX                  | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T-                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 90 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| SW2                     | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T+                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 53 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

PROGETTO ESECUTIVO

|                   |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|
| LM71SX0.8         | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| AVVIAMENTO0.8     | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| FRENAMENTOLM710.8 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Combinazione n° 91 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T-                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71SX0.8               | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO0.8           | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTOLM710.8       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 92 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T+                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71CX                  | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 93 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T-                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71CX                  | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 54 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

PROGETTO ESECUTIVO

|                 |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|
| FRENAMENTO LM71 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
|-----------------|------|------|------|

Combinazione n° 94 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T+                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71CX0.8               | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO0.8           | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTOLM710.8       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 95 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T-                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71CX0.8               | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO0.8           | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTOLM710.8       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 96 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71DX                  | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T+                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 55 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |



Combinazione n° 97 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71DX                  | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T-                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTO LM71         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 98 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T+                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71DX0.8               | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO0.8           | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTOLM710.8       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 99 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| LM71DX0.8               | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T-                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO0.8           | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTOLM710.8       | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 56 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

PROGETTO ESECUTIVO

Combinazione n° 100 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| SW2                     | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T+                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTO SW           | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 101 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| SW2                     | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T-                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO              | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTO SW           | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

Combinazione n° 102 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTOSW0.8         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T+                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| SW20.8                  | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO0.8           | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 57 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

Combinazione n° 103 SLE (Rara)

|                         | $\gamma$ | $\Psi$ | C    |
|-------------------------|----------|--------|------|
| Peso Proprio            | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno sinistra | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Spinta terreno destra   | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| MASSICCIATA             | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| Delta T-                | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| SW20.8                  | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| AVVIAMENTO0.8           | 1.00     | 1.00   | 1.00 |
| FRENAMENTOSW0.8         | 1.00     | 1.00   | 1.00 |

## 4.6. VERIFICHE FESSURAZIONE

*Simbologia adottata ed unità di misura*

$N^\circ$       *Indice sezione*

$X_i$       *Ascissa/Ordinata sezione, espresso in m*

$M_p$       *Momento, espresse in kNm*

$M_n$       *Momento, espresse in kNm*

$w_k$       *Ampiezza fessure, espresse in mm*

$w_{lim}$       *Apertura limite fessure, espresse in mm*

$s$       *Distanza media tra le fessure, espresse in mm*

$\varepsilon_{sm}$       *Deformazione nelle fessure, espresse in [%]*

**Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 81 - SLE (Quasi Permanente)]**

| $N^\circ$ | $X$   | $A_{fi}$ | $A_{fs}$ | $M_p$   | $M_n$   | $M$  | $w$  | $w_{lim}$ | $s_m$    | $\varepsilon_{sm}$ |
|-----------|-------|----------|----------|---------|---------|------|------|-----------|----------|--------------------|
| 10,55     | 32,83 | 31,42    | 329,27   | -328,05 | 462,18  | 0,12 | 0,20 | 185,91    | 0,000038 |                    |
| 22,86     | 26,55 | 34,56    | 323,02   | -329,96 | -279,20 | 0,00 | 0,20 | 0,00      | 0,000000 |                    |
| 35,20     | 26,55 | 31,42    | 322,24   | -326,45 | -507,02 | 0,14 | 0,20 | 159,22    | 0,000050 |                    |
| 47,54     | 26,55 | 34,56    | 323,02   | -329,96 | -279,20 | 0,00 | 0,20 | 0,00      | 0,000000 |                    |
| 59,85     | 32,83 | 31,42    | 329,27   | -328,05 | 462,18  | 0,12 | 0,20 | 185,91    | 0,000038 |                    |

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                        | <i>Pagina</i> 58 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>            |   |                           |

**Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 81 - SLE (Quasi Permanente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | Mp     | Mn      | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|--------|---------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 31,42           | 32,83           | 328,05 | -329,27 | -261,55 | 0,00 | 0,20             | 0,00           | 0,000000        |
| 22,94 | 34,56           | 26,55           | 329,96 | -323,02 | 208,76  | 0,00 | 0,20             | 0,00           | 0,000000        |
| 35,20 | 31,42           | 26,55           | 326,45 | -322,24 | 354,74  | 0,07 | 0,20             | 159,22         | 0,000026        |
| 47,46 | 34,56           | 26,55           | 329,96 | -323,02 | 208,76  | 0,00 | 0,20             | 0,00           | 0,000000        |
| 59,85 | 31,42           | 32,83           | 328,05 | -329,27 | -261,55 | 0,00 | 0,20             | 0,00           | 0,000000        |

**Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 81 - SLE (Quasi Permanente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | Mp     | Mn      | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|--------|---------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96 | -326,03 | -462,18 | 0,05 | 0,20             | 185,91         | 0,000017        |
| 24,05 | 15,71           | 26,55           | 308,90 | -318,23 | -162,84 | 0,00 | 0,20             | 0,00           | 0,000000        |
| 37,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96 | -326,03 | -261,55 | 0,00 | 0,20             | 0,00           | 0,000000        |

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 81 - SLE (Quasi Permanente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | Mp     | Mn      | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|--------|---------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96 | -326,03 | -462,18 | 0,05 | 0,20             | 185,91         | 0,000017        |
| 24,05 | 15,71           | 26,55           | 308,90 | -318,23 | -162,84 | 0,00 | 0,20             | 0,00           | 0,000000        |
| 37,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96 | -326,03 | -261,55 | 0,00 | 0,20             | 0,00           | 0,000000        |

**Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 82 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | Mp     | Mn      | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|--------|---------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 32,83           | 31,42           | 329,27 | -328,05 | 650,08  | 0,24 | 0,30             | 185,91         | 0,000073        |
| 22,86 | 26,55           | 34,56           | 323,02 | -329,96 | -356,94 | 0,04 | 0,30             | 151,47         | 0,000016        |
| 35,20 | 26,55           | 31,42           | 322,24 | -326,45 | -701,83 | 0,24 | 0,30             | 159,22         | 0,000086        |
| 47,54 | 26,55           | 34,56           | 323,02 | -329,96 | -443,73 | 0,09 | 0,30             | 151,47         | 0,000034        |
| 59,85 | 32,83           | 31,42           | 329,27 | -328,05 | 521,67  | 0,16 | 0,30             | 185,91         | 0,000050        |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 59 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

**Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 82 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 31,42           | 32,83           | 328,05         | -329,27        | -305,91 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 22,94 | 34,56           | 26,55           | 329,96         | -323,02        | 406,82  | 0,09 | 0,30             | 151,47         | 0,000035        |
| 35,20 | 31,42           | 26,55           | 326,45         | -322,24        | 585,72  | 0,20 | 0,30             | 159,22         | 0,000071        |
| 47,46 | 34,56           | 26,55           | 329,96         | -323,02        | 271,21  | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 59,85 | 31,42           | 32,83           | 328,05         | -329,27        | -509,27 | 0,16 | 0,30             | 185,91         | 0,000050        |

**Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 82 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -650,08 | 0,13 | 0,30             | 185,91         | 0,000041        |
| 24,05 | 15,71           | 26,55           | 308,90         | -318,23        | -311,72 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 37,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -305,91 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 82 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -521,67 | 0,05 | 0,30             | 185,91         | 0,000017        |
| 24,05 | 15,71           | 26,55           | 308,90         | -318,23        | -262,40 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 37,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -509,27 | 0,09 | 0,30             | 185,91         | 0,000028        |

**Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 83 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 32,83           | 31,42           | 329,27         | -328,05        | 477,09  | 0,13 | 0,30             | 185,91         | 0,000041        |
| 22,86 | 26,55           | 34,56           | 323,02         | -329,96        | -263,35 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 35,20 | 26,55           | 31,42           | 322,24         | -326,45        | -507,02 | 0,14 | 0,30             | 159,22         | 0,000050        |
| 47,54 | 26,55           | 34,56           | 323,02         | -329,96        | -295,04 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 59,85 | 32,83           | 31,42           | 329,27         | -328,05        | 447,28  | 0,11 | 0,30             | 185,91         | 0,000035        |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 60 di 75    |
|  | <b>Relazione di calcolo sottovia</b>   |                    |

**Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 83 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 31,42           | 32,83           | 328,05         | -329,27        | -230,11 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 22,94 | 34,56           | 26,55           | 329,96         | -323,02        | 224,06  | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 35,20 | 31,42           | 26,55           | 326,45         | -322,24        | 354,74  | 0,07 | 0,30             | 159,22         | 0,000026        |
| 47,46 | 34,56           | 26,55           | 329,96         | -323,02        | 193,46  | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 59,85 | 31,42           | 32,83           | 328,05         | -329,27        | -292,98 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |

**Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 83 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -477,09 | 0,06 | 0,30             | 185,91         | 0,000018        |
| 24,05 | 15,71           | 26,55           | 308,90         | -318,23        | -169,69 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 37,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -230,11 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 83 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -447,28 | 0,05 | 0,30             | 185,91         | 0,000016        |
| 24,05 | 15,71           | 26,55           | 308,90         | -318,23        | -156,00 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 37,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -292,98 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |

**Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 84 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 32,83           | 31,42           | 329,27         | -328,05        | 444,82  | 0,12 | 0,30             | 185,91         | 0,000038        |
| 22,86 | 26,55           | 34,56           | 323,02         | -329,96        | -294,72 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 35,20 | 26,55           | 31,42           | 322,24         | -326,45        | -521,09 | 0,15 | 0,30             | 159,22         | 0,000056        |
| 47,54 | 26,55           | 34,56           | 323,02         | -329,96        | -294,72 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 59,85 | 32,83           | 31,42           | 329,27         | -328,05        | 444,82  | 0,12 | 0,30             | 185,91         | 0,000038        |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 61 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

**Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 84 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 31,42           | 32,83           | 328,05         | -329,27        | -245,55 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 22,94 | 34,56           | 26,55           | 329,96         | -323,02        | 224,75  | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 35,20 | 31,42           | 26,55           | 326,45         | -322,24        | 370,73  | 0,09 | 0,30             | 159,22         | 0,000033        |
| 47,46 | 34,56           | 26,55           | 329,96         | -323,02        | 224,75  | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 59,85 | 31,42           | 32,83           | 328,05         | -329,27        | -245,55 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |

**Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 84 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -444,82 | 0,05 | 0,30             | 185,91         | 0,000016        |
| 24,05 | 15,71           | 26,55           | 308,90         | -318,23        | -203,32 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 37,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -245,55 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 84 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -444,82 | 0,05 | 0,30             | 185,91         | 0,000016        |
| 24,05 | 15,71           | 26,55           | 308,90         | -318,23        | -203,32 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 37,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -245,55 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |

**Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 85 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 32,83           | 31,42           | 329,27         | -328,05        | 641,30  | 0,23 | 0,30             | 185,91         | 0,000072        |
| 22,86 | 26,55           | 34,56           | 323,02         | -329,96        | -354,71 | 0,04 | 0,30             | 151,47         | 0,000016        |
| 35,20 | 26,55           | 31,42           | 322,24         | -326,45        | -712,95 | 0,24 | 0,30             | 159,22         | 0,000088        |
| 47,54 | 26,55           | 34,56           | 323,02         | -329,96        | -461,18 | 0,10 | 0,30             | 151,47         | 0,000037        |
| 59,85 | 32,83           | 31,42           | 329,27         | -328,05        | 539,20  | 0,17 | 0,30             | 185,91         | 0,000054        |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 62 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

**Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 85 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 31,42           | 32,83           | 328,05         | -329,27        | -325,06 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 22,94 | 34,56           | 26,55           | 329,96         | -323,02        | 407,00  | 0,09 | 0,30             | 151,47         | 0,000034        |
| 35,20 | 31,42           | 26,55           | 326,45         | -322,24        | 599,73  | 0,20 | 0,30             | 159,22         | 0,000073        |
| 47,46 | 34,56           | 26,55           | 329,96         | -323,02        | 310,52  | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 59,85 | 31,42           | 32,83           | 328,05         | -329,27        | -524,69 | 0,17 | 0,30             | 185,91         | 0,000052        |

**Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 85 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -641,30 | 0,13 | 0,30             | 185,91         | 0,000041        |
| 24,05 | 15,71           | 26,55           | 308,90         | -318,23        | -316,75 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 37,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -325,06 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 85 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -539,20 | 0,06 | 0,30             | 185,91         | 0,000017        |
| 24,05 | 15,71           | 26,55           | 308,90         | -318,23        | -277,37 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 37,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -524,69 | 0,09 | 0,30             | 185,91         | 0,000029        |

**Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 86 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 32,83           | 31,42           | 329,27         | -328,05        | 623,43  | 0,22 | 0,30             | 185,91         | 0,000069        |
| 22,86 | 26,55           | 34,56           | 323,02         | -329,96        | -336,46 | 0,04 | 0,30             | 151,47         | 0,000015        |
| 35,20 | 26,55           | 31,42           | 322,24         | -326,45        | -700,52 | 0,24 | 0,30             | 159,22         | 0,000086        |
| 47,54 | 26,55           | 34,56           | 323,02         | -329,96        | -462,49 | 0,10 | 0,30             | 151,47         | 0,000037        |
| 59,85 | 32,83           | 31,42           | 329,27         | -328,05        | 547,06  | 0,18 | 0,30             | 185,91         | 0,000055        |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 63 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |



**Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 86 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 31,42           | 32,83           | 328,05         | -329,27        | -309,48 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 22,94 | 34,56           | 26,55           | 329,96         | -323,02        | 366,16  | 0,07 | 0,30             | 151,47         | 0,000026        |
| 35,20 | 31,42           | 26,55           | 326,45         | -322,24        | 583,83  | 0,19 | 0,30             | 159,22         | 0,000070        |
| 47,46 | 34,56           | 26,55           | 329,96         | -323,02        | 308,84  | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 59,85 | 31,42           | 32,83           | 328,05         | -329,27        | -505,27 | 0,16 | 0,30             | 185,91         | 0,000048        |

**Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 86 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -623,43 | 0,13 | 0,30             | 185,91         | 0,000040        |
| 24,05 | 15,71           | 26,55           | 308,90         | -318,23        | -299,90 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 37,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -309,48 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 86 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -547,06 | 0,06 | 0,30             | 185,91         | 0,000017        |
| 24,05 | 15,71           | 26,55           | 308,90         | -318,23        | -270,72 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 37,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -505,27 | 0,08 | 0,30             | 185,91         | 0,000024        |

**Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 87 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | W <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 32,83           | 31,42           | 329,27         | -328,05        | 702,79  | 0,26 | 0,30             | 185,91         | 0,000080        |
| 22,86 | 26,55           | 34,56           | 323,02         | -329,96        | -354,03 | 0,04 | 0,30             | 151,47         | 0,000016        |
| 35,20 | 26,55           | 31,42           | 322,24         | -326,45        | -746,72 | 0,25 | 0,30             | 159,22         | 0,000092        |
| 47,54 | 26,55           | 34,56           | 323,02         | -329,96        | -491,41 | 0,11 | 0,30             | 151,47         | 0,000041        |
| 59,85 | 32,83           | 31,42           | 329,27         | -328,05        | 569,01  | 0,18 | 0,30             | 185,91         | 0,000057        |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 64 di 75    |
|  | <b>Relazione di calcolo sottovia</b>   |                    |

**Verifica fessurazione traverso [Combinazione n° 87 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | w <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 31,42           | 32,83           | 328,05         | -329,27        | -325,88 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 22,94 | 34,56           | 26,55           | 329,96         | -323,02        | 426,31  | 0,10 | 0,30             | 151,47         | 0,000037        |
| 35,20 | 31,42           | 26,55           | 326,45         | -322,24        | 617,90  | 0,21 | 0,30             | 159,22         | 0,000074        |
| 47,46 | 34,56           | 26,55           | 329,96         | -323,02        | 301,79  | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 59,85 | 31,42           | 32,83           | 328,05         | -329,27        | -581,73 | 0,19 | 0,30             | 185,91         | 0,000059        |

**Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 87 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | w <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -702,79 | 0,16 | 0,30             | 185,91         | 0,000050        |
| 24,05 | 15,71           | 26,55           | 308,90         | -318,23        | -314,42 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 37,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -325,88 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 87 - SLE (Frequente)]**

| N° X  | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | M <sub>p</sub> | M <sub>n</sub> | M       | w    | w <sub>lim</sub> | S <sub>m</sub> | ε <sub>sm</sub> |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|------|------------------|----------------|-----------------|
| 10,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -569,01 | 0,06 | 0,30             | 185,91         | 0,000020        |
| 24,05 | 15,71           | 26,55           | 308,90         | -318,23        | -265,48 | 0,00 | 0,30             | 0,00           | 0,000000        |
| 37,55 | 18,85           | 32,83           | 313,96         | -326,03        | -581,73 | 0,12 | 0,30             | 185,91         | 0,000037        |

## 4.7. INVILUPPO SPOSTAMENTI NODALI

**Inviluppo spostamenti fondazione**

| X [m] | u <sub>Xmin</sub> [cm] | u <sub>Xmax</sub> [cm] | u <sub>Ymin</sub> [cm] | u <sub>Ymax</sub> [cm] |
|-------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 0,55  | -0,0648                | 0,2737                 | 0,3680                 | 0,7206                 |
| 2,86  | -0,0459                | 0,2360                 | 0,3036                 | 0,5862                 |
| 5,20  | -0,0471                | 0,1977                 | 0,2688                 | 0,5308                 |
| 7,54  | -0,0483                | 0,1593                 | 0,3058                 | 0,6988                 |
| 9,76  | -0,0686                | 0,1555                 | 0,3778                 | 0,9792                 |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 65 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

**Inviluppo spostamenti trasverso**

| X [m] | u <sub>Xmin</sub> [cm] | u <sub>Xmax</sub> [cm] | u <sub>Ymin</sub> [cm] | u <sub>Ymax</sub> [cm] |
|-------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 0,55  | -0,0660                | 0,5957                 | 0,2744                 | 0,8389                 |
| 2,94  | -0,0503                | 0,5577                 | 0,3394                 | 1,0354                 |
| 5,20  | -0,0508                | 0,5214                 | 0,3714                 | 1,1477                 |
| 7,46  | -0,0513                | 0,4962                 | 0,3468                 | 1,1469                 |
| 9,85  | -0,0675                | 0,5313                 | 0,2921                 | 1,1080                 |

**Inviluppo spostamenti piedritto sinistro**

| Y [m] | u <sub>Xmin</sub> [cm] | u <sub>Xmax</sub> [cm] | u <sub>Ymin</sub> [cm] | u <sub>Ymax</sub> [cm] |
|-------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 0,55  | -0,0648                | 0,2737                 | 0,3680                 | 0,7206                 |
| 4,05  | -0,1004                | 0,2976                 | 0,3217                 | 0,7762                 |
| 7,55  | -0,0660                | 0,5957                 | 0,2744                 | 0,8389                 |

**Inviluppo spostamenti piedritto destro**

| Y [m] | u <sub>Xmin</sub> [cm] | u <sub>Xmax</sub> [cm] | u <sub>Ymin</sub> [cm] | u <sub>Ymax</sub> [cm] |
|-------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 0,55  | -0,0686                | 0,1555                 | 0,3778                 | 0,9792                 |
| 4,05  | -0,0276                | 0,4227                 | 0,3393                 | 1,0443                 |
| 7,55  | -0,0675                | 0,5313                 | 0,2921                 | 1,1080                 |

## 4.8. INVILUPPO SOLLECITAZIONI NODALI

**Inviluppo sollecitazioni fondazione**

| X [m] | M <sub>min</sub> [kNm] | M <sub>max</sub> [kNm] | V <sub>min</sub> [kN] | V <sub>max</sub> [kN] | N <sub>min</sub> [kN] | N <sub>max</sub> [kN] |
|-------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0,55  | -1107,90               | -444,75                | -952,27               | -439,66               | 122,04                | 287,95                |
| 2,86  | 263,35                 | 547,87                 | -461,41               | -190,85               | 122,04                | 287,95                |
| 5,20  | 496,57                 | 1148,02                | -66,03                | 5,59                  | 122,04                | 287,95                |
| 7,54  | 271,38                 | 787,63                 | 202,00                | 410,02                | 122,04                | 287,95                |
| 9,85  | -850,50                | -444,75                | 439,66                | 1043,07               | 122,04                | 287,95                |

**Inviluppo sollecitazioni trasverso**

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 66 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

| X [m] | M <sub>min</sub> [kNm] | M <sub>max</sub> [kNm] | V <sub>min</sub> [kN] | V <sub>max</sub> [kN] | N <sub>min</sub> [kN] | N <sub>max</sub> [kN] |
|-------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0,55  | -528,67                | -230,11                | 258,31                | 710,37                | 29,31                 | 77,63                 |
| 2,94  | 201,17                 | 724,94                 | 122,25                | 326,25                | 36,06                 | 143,80                |
| 5,20  | 348,31                 | 1030,29                | -61,65                | 1,15                  | 36,06                 | 208,98                |
| 7,46  | 193,46                 | 506,01                 | -423,02               | -126,67               | 36,06                 | 283,75                |
| 9,85  | -1007,62               | -245,55                | -805,82               | -261,46               | 36,06                 | 363,49                |

**Inviluppo sollecitazioni piedritto sinistro**

| Y [m] | M <sub>min</sub> [kNm] | M <sub>max</sub> [kNm] | V <sub>min</sub> [kN] | V <sub>max</sub> [kN] | N <sub>min</sub> [kN] | N <sub>max</sub> [kN] |
|-------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0,55  | -1107,90               | -444,75                | 126,07                | 288,75                | 446,50                | 965,22                |
| 4,05  | -536,63                | -148,45                | 16,71                 | 84,49                 | 352,70                | 837,80                |
| 7,55  | -528,67                | -230,11                | -75,06                | -29,31                | 258,31                | 710,37                |

**Inviluppo sollecitazioni piedritto destro**

| Y [m] | M <sub>min</sub> [kNm] | M <sub>max</sub> [kNm] | V <sub>min</sub> [kN] | V <sub>max</sub> [kN] | N <sub>min</sub> [kN] | N <sub>max</sub> [kN] |
|-------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0,55  | -850,50                | -444,75                | -279,06               | -126,07               | 446,50                | 1060,68               |
| 4,05  | -453,29                | -148,45                | -21,43                | 31,38                 | 353,98                | 933,25                |
| 7,55  | -1007,62               | -245,55                | 36,06                 | 332,29                | 261,46                | 805,82                |

## 4.9. INVILUPPO PRESSIONI TERRENO

**Inviluppo pressioni sul terreno di fondazione**

| X [m] | $\sigma_{tmin}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{tmax}$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 0,55  | 0,144                                | 0,283                                |
| 2,86  | 0,119                                | 0,230                                |
| 5,20  | 0,105                                | 0,208                                |
| 7,54  | 0,120                                | 0,274                                |
| 9,85  | 0,148                                | 0,384                                |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 67 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

## 4.10. INVILUPPO VERIFICHE STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

### Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 110,00 cm

| X    | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | CS   |
|------|-----------------|-----------------|------|
| 0,55 | 32,83           | 31,42           | 1,33 |
| 2,86 | 26,55           | 34,56           | 1,58 |
| 5,20 | 26,55           | 31,42           | 1,17 |
| 7,54 | 26,55           | 34,56           | 1,29 |
| 9,85 | 32,83           | 31,42           | 1,33 |

| X    | V <sub>Rd</sub> | V <sub>Rsd</sub> | V <sub>Rcd</sub> | A <sub>sw</sub> |
|------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| 0,55 | 357,74          | 6272,89          | 3314,84          | 3,14            |
| 2,86 | 391,78          | 2945,20          | 3335,99          | 3,14            |
| 5,20 | 377,89          | 0,00             | 0,00             | 0,00            |
| 7,54 | 391,78          | 2945,20          | 3335,99          | 3,14            |
| 9,85 | 359,16          | 6272,89          | 3316,90          | 3,14            |

### Verifica sezioni traverso (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 110,00 cm

| X    | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | CS   |
|------|-----------------|-----------------|------|
| 0,55 | 31,42           | 32,83           | 1,31 |
| 2,94 | 34,56           | 26,55           | 1,39 |
| 5,20 | 31,42           | 26,55           | 1,28 |
| 7,46 | 34,56           | 26,55           | 1,70 |
| 9,85 | 31,42           | 32,83           | 1,54 |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 68 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

PROGETTO ESECUTIVO

| X    | V <sub>Rd</sub> | V <sub>Rsd</sub> | V <sub>Rcd</sub> | A <sub>sw</sub> |
|------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| 0,55 | 341,91          | 3591,28          | 3291,91          | 3,14            |
| 2,94 | 364,23          | 0,00             | 0,00             | 3,14            |
| 5,20 | 365,74          | 0,00             | 0,00             | 0,00            |
| 7,46 | 387,11          | 1725,05          | 3329,22          | 3,14            |
| 9,85 | 376,57          | 3591,28          | 3342,11          | 3,14            |

**Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 110,00 cm

| Y    | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | CS   |
|------|-----------------|-----------------|------|
| 0,55 | 18,85           | 32,83           | 1,84 |
| 4,05 | 15,71           | 26,55           | 3,84 |
| 7,55 | 18,85           | 32,83           | 4,33 |

| Y    | V <sub>Rd</sub> | V <sub>Rsd</sub> | V <sub>Rcd</sub> | A <sub>sw</sub> |
|------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| 0,55 | 409,12          | 0,00             | 0,00             | 0,00            |
| 4,05 | 395,34          | 0,00             | 0,00             | 0,00            |
| 7,55 | 381,55          | 0,00             | 0,00             | 0,00            |

**Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 110,00 cm

| Y    | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | CS   |
|------|-----------------|-----------------|------|
| 0,55 | 18,85           | 32,83           | 2,27 |
| 4,05 | 15,71           | 26,55           | 5,78 |
| 7,55 | 18,85           | 32,83           | 1,95 |

| Y    | V <sub>Rd</sub> | V <sub>Rsd</sub> | V <sub>Rcd</sub> | A <sub>sw</sub> |
|------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| 0,55 | 409,44          | 0,00             | 0,00             | 0,00            |
| 4,05 | 395,65          | 0,00             | 0,00             | 0,00            |
| 7,55 | 381,87          | 0,00             | 0,00             | 0,00            |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 69 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

## 4.11. INVILUPPO VERIFICHE STATO LIMITE ESERCIZIO (SLE)

### Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione      B = 100 cm  
Altezza sezione    H = 110,00 cm

| X    | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>fi</sub> | σ <sub>fs</sub> |
|------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 0,55 | 32,83           | 31,42           | 6,090          | 256,625         | 74,773          |
| 2,86 | 26,55           | 34,56           | 3,703          | 46,524          | 133,749         |
| 5,20 | 26,55           | 31,42           | 7,081          | 86,627          | 305,054         |
| 7,54 | 26,55           | 34,56           | 4,296          | 53,715          | 160,900         |
| 9,85 | 32,83           | 31,42           | 5,179          | 212,358         | 63,868          |

| X    | τ <sub>c</sub> | A <sub>sw</sub> |
|------|----------------|-----------------|
| 0,55 | -0,98          | 3,14            |
| 2,86 | -0,44          | 3,14            |
| 5,20 | -0,05          | 0,00            |
| 7,54 | 0,43           | 3,14            |
| 9,85 | 0,98           | 3,14            |

### Verifica sezioni traverso (Inviluppo)

Base sezione      B = 100 cm  
Altezza sezione    H = 110,00 cm

| X    | A <sub>fi</sub> | A <sub>fs</sub> | σ <sub>c</sub> | σ <sub>fi</sub> | σ <sub>fs</sub> |
|------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 0,55 | 31,42           | 32,83           | 3,809          | 46,314          | 169,982         |
| 2,94 | 34,56           | 26,55           | 4,155          | 171,509         | 51,194          |
| 5,20 | 31,42           | 26,55           | 6,504          | 290,242         | 79,095          |
| 7,46 | 34,56           | 26,55           | 3,184          | 116,461         | 39,939          |
| 9,85 | 31,42           | 32,83           | 5,385          | 66,274          | 223,665         |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 70 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

PROGETTO ESECUTIVO

| X    | $\tau_c$ | $A_{sw}$ |
|------|----------|----------|
| 0,55 | 0,79     | 3,14     |
| 2,94 | 0,36     | 3,14     |
| 5,20 | -0,05    | 0,00     |
| 7,46 | -0,43    | 3,14     |
| 9,85 | -0,78    | 3,14     |

**Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 110,00 cm

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 110,00 cm

| Y    | $A_{fi}$ | $A_{fs}$ | $\sigma_c$ | $\sigma_{fi}$ | $\sigma_{fs}$ |
|------|----------|----------|------------|---------------|---------------|
| 0,55 | 18,85    | 32,83    | 6,787      | 88,553        | 176,469       |
| 4,05 | 15,71    | 26,55    | 3,643      | 49,042        | 63,157        |
| 7,55 | 18,85    | 29,69    | 4,429      | 58,285        | 104,606       |

| Y    | $\tau_c$ | $A_{sw}$ |
|------|----------|----------|
| 0,55 | 0,26     | 0,00     |
| 4,05 | 0,07     | 0,00     |
| 7,55 | -0,10    | 0,00     |

**Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 110,00 cm

| Y    | $A_{fi}$ | $A_{fs}$ | $\sigma_c$ | $\sigma_{fi}$ | $\sigma_{fs}$ |
|------|----------|----------|------------|---------------|---------------|
| 0,55 | 18,85    | 32,83    | 5,762      | 75,913        | 134,373       |
| 4,05 | 15,71    | 26,55    | 3,146      | 42,789        | 45,120        |
| 7,55 | 18,85    | 32,83    | 5,965      | 77,305        | 166,031       |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 71 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |



PROGETTO ESECUTIVO

---

| Y    | $\tau_c$ | $A_{sw}$ |
|------|----------|----------|
| 0,55 | -0,25    | 0,00     |
| 4,05 | 0,02     | 0,00     |
| 7,55 | 0,26     | 0,00     |

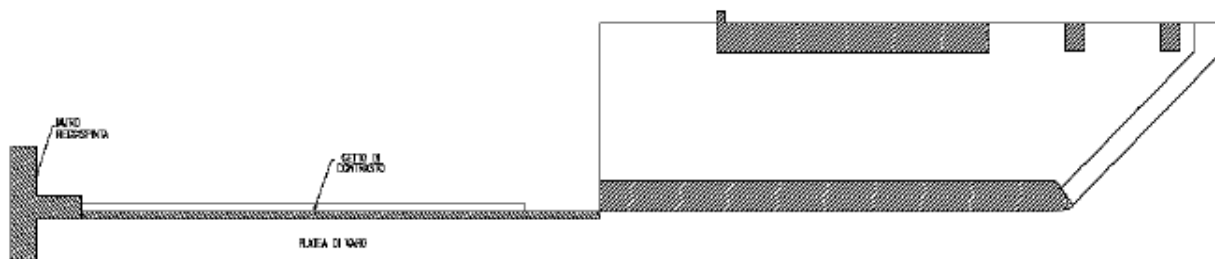
|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA                  | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26<br><b>Relazione di calcolo sottovia</b> | <i>Pagina</i> 72 di 75    |

## 5. OPERE PROVVISORIE PER LA FASE DI VARO DEL MONOLITE

Il varo del monolite richiede la realizzazione di alcune opere provvisorie (platea, muro di spinta) che hanno la funzione di consentire l'infissione del monolite nel rispetto delle tolleranze plano-altimetriche richieste.

### 5.1. MURO DI SPINTA E PLATEA DI VARO

Per il progetto del muro reggispinta si fa riferimento alla configurazione in cui il monolite è uscito dalla platea di varo e la spinta è nella fase finale.



**Figura 5.1: Configurazione finale**

In questa fase è massima la spinta che deve assorbire il terreno a monte del muro ed è minimo, invece, il contributo resistente fornito dalla platea di varo che si oppone alle azioni dei martinetti di spinta soltanto con l'attrito sul terreno relativo al suo peso proprio.

La valutazione di tale spinta dipende in larga parte da parametri aleatori non quantificabili con le normali teorie geotecniche, pertanto si fa riferimento al confronto con dati sperimentali ricavati nel corso di lavori eseguiti negli ultimi anni.

Nel caso in esame:

$$P_m = 17555 \text{ kN} \quad (\text{peso monolite})$$

l'entità della spinta massima necessaria per l'infissione viene valutata pari a:

$$S = 1.5 \times 17481.53 = 26333.3 \text{ kN.}$$

mentre la spinta di primo stacco può essere stimata pari a:

$$S_{ps} = 17481.53 \text{ kN}$$

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 73 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

Per velocizzare le operazioni di varo si vuole omettere la realizzazione del terrapieno di contrasto alla spinta a tergo del muro reggispinta. Ciò comporta la realizzazione di un muro reggispinta di dimensioni maggiori che dovrà assicurare il contrasto necessario per il varo del manufatto prefabbricato.

La spinta su tale muro viene uniformemente ripartita per mezzo di una trave rigida di acciaio e la retta di azione si può ipotizzare posta ad una altezza  $h = 0.2$  m dall'attacco del muro. Pertanto il massimo momento flettente al metro lineare agente sul muro è pari a:

$$M_{slu} = S \times h \times 1.3 / B \cong 570.55 \text{ kNm/m}$$

Si procede con la verifica del muro di spessore 2.00 m armato in zona tesa con doppio strato di  $\phi 26/10 + \phi 20/20$  ed in zona compressa  $\phi 16/10$ .

| N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm]   | FS    |
|--------|----------|------------|-------|
| 0,0000 | 0,0000   | -1801,0755 | 3,157 |

**Tabella 5.1: Verifica SLU muro reggispinta**

Per quanto riguarda la verifica della platea di varo questa sarà sollecitata da uno sforzo assiale di trazione e di flessione entrambi variabili tra un valore nullo all'estremità libera e massimo all'attacco col muro reggispinta. I valori delle sollecitazioni con le relative verifiche sono riportati nella tabella che segue.

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Cod. elab.: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B     | Titolo: OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA | Data: Ottobre 2011 |
| Nome file: 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26                 | Pagina 74 di 75    |
| <b>Relazione di calcolo sottovia</b>     |  |                    |

| Prog. da muro | Mslu max (KNm) | N slu max (KN) | H platea (m) | Lembo sup.                    | Lembo inf. | Mres (KNm) | FS   |
|---------------|----------------|----------------|--------------|-------------------------------|------------|------------|------|
| 0<x<3 m       | 2852           | 2852           | 1.6          | Doppio strato - f(26+26)/10   | f20/20     | -3473.94   | 1.22 |
| 3<x<6 m       | 2201.77142     | 2505.883495    | 1.36         | Doppio strato - f(26+26)/10   | f20/20     | -2960      | 1.34 |
| 6<x<9 m       | 1635.551701    | 2159.76699     | 1.11         | Doppio strato - f26/10+f26/20 | f20/20     | -1837.71   | 1.12 |
| 9<x<12 m      | 1153.340843    | 1813.650485    | 0.87         | Doppio strato - f26/10+f26/20 | f20/20     | -1442.99   | 1.25 |
| 12<x<15 m     | 755.1388444    | 1467.533981    | 0.62         | Doppio strato - f26/10+f26/20 | f20/20     | -1022.2    | 1.35 |
| 15<x<18 m     | 440.9457065    | 1121.417476    | 0.4          | f26/10                        | f20/20     | -442.21    | 1.00 |
| 18<x<21 m     | 210.761429     | 775.3009709    | 0.4          | f26/10                        | f20/20     | -394.5     | 1.87 |
| 21<x<24.72m   | 64.58601188    | 429.184466     | 0.4          | f26/20                        | f20/20     | -155.26    | 2.40 |

**Tabella 5.2: Verifiche di resistenza platea di varo**

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001 B     | <i>Titolo:</i> OPERE D'ARTE MINORI - SOTTOVIA                  | <i>Data:</i> Ottobre 2011 |
| <i>Nome file:</i> 086IN226-ST14-Z-CL-001_B.docx | - SOTTOPASSO TRONCO 26<br><b>Relazione di calcolo sottovia</b> | <i>Pagina</i> 75 di 75    |