

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NODO DI CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA  
DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL  
TRATTO DI LINEA INTERESSATO.**

**MACROFASE FUNZIONALE 1**

**LOTTO 2**

Bretella CT-SR e Fascio A-P di prima fase e Collegamento Fascio A-P-Interporto - OPERE CIVILI  
Sottovia - SL03 Sottovia interferenze viabilità (NV06) con Ramo Catania Siracusa al km 1+090 circa - Relazione di calcolo muri di imbocco SL03

SCALA:

-

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

RS3H 02 D 78 CL SL0300 002 A

| Rev. | Descrizione         | Redatto | Data        | Verificato                      | Data        | Approvato                         | Data        | Autorizzato Data |
|------|---------------------|---------|-------------|---------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|------------------|
| A    | Emissione esecutiva | L.Nani  | Aprile 2020 | C. Toraldo<br><i>C. Toraldo</i> | Aprile 2020 | S. Vanfiori<br><i>S. Vanfiori</i> | Aprile 2020 |                  |
|      |                     |         |             |                                 |             |                                   |             |                  |
|      |                     |         |             |                                 |             |                                   |             |                  |
|      |                     |         |             |                                 |             |                                   |             |                  |

File: RS3H.0.2.D.78.CL.SL.03.0.0.002.A

n. Elab.:

Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10476

ITALFERROVIE SPA  
Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane  
Direzione Generale  
UO Infrastrutture Sud  
Dott. Ing. Paolo Tiberti



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|------------|------|---------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 1 di 66 |

|       |  |           |
|-------|--|-----------|
| 1.    | PREMESSA .....   | 3         |
| 1.1   | DESCRIZIONE DELL'OPERA .....   | 3         |
| 2.    | NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....   | 7         |
| 3.    | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....   | 8         |
| 4.    | UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA.....  | 9         |
| 5.    | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....  | 11        |
| 5.1   | CALCESTRUZZO MURI .....  | 11        |
| 5.2   | ACCIAIO D'ARMATURA .....   | 12        |
| 6.    | INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....  | 13        |
| 7.    | CRITERI DI VERIFICA .....  | 15        |
| 7.1   | VERIFICHE GEOTECNICHE (SLU) IN CONDIZIONI STATICHE.....                          | 15        |
| 7.1.1 | <i>Verifica a carico limite della fondazione.....</i>                            | <i>15</i> |
| 7.2   | VERIFICHE GEOTECNICHE (SLV) IN CONDIZIONI SISMICHE .....                         | 15        |
| 7.3   | VERIFICHE GEOTECNICHE (SLE).....   | 16        |
| 7.3.1 | <i>Calcolo dei cedimenti (sle).....</i>  | <i>16</i> |
| 7.4   | VERIFICHE STRUTTURALI SLU .....  | 17        |
| 7.4.1 | <i>Criteri di verifica delle sezioni in c.a.....</i>                             | <i>17</i> |
| 7.4.2 | <i>Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione - pressoflessione .....</i> | <i>17</i> |
| 7.4.3 | <i>Verifica agli stati limite ultimi a taglio .....</i>                          | <i>18</i> |
| 7.5   | VERIFICHE STRUTTURALI (SLE).....   | 20        |
| 7.5.1 | <i>Verifiche alle tensioni .....</i>   | <i>20</i> |
| 7.5.2 | <i>Verifiche a fessurazione.....</i>   | <i>21</i> |
| 8.    | MODELLAZIONE ADOTTATA.....   | 22        |
| 9.    | ANALISI DEI CARICHI .....  | 26        |
| 9.1   | PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA .....   | 26        |
| 9.2   | CARICHI PERMANENTI PORTATI.....  | 26        |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|------------|------|---------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 2 di 66 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 9.3    | SPINTA DEL TERRENO .....                                      | 27 |
| 9.4    | INCREMENTO DI SPINTA DOVUTO AL SOVRACCARICO FERROVIARIO ..... | 28 |
| 9.5    | SOVRACCARICO ACCIDENTALE SULLA SOLETTA INFERIORE.....         | 30 |
| 9.6    | CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....                               | 31 |
| 9.6.1  | <i>Vita nominale e classe d'uso</i> .....                     | 31 |
| 9.6.2  | <i>Parametri di pericolosità sismica</i> .....                | 31 |
| 9.6.3  | <i>Azione sismica</i> .....                                   | 35 |
| 10.    | COMBINAZIONI DI CALCOLO.....                                  | 38 |
| 11.    | RISULTATI E VERIFICHE .....                                   | 42 |
| 11.1   | VERIFICA PIEDRITTI.....                                       | 44 |
| 11.1.1 | <i>Verifica in condizioni statiche</i> .....                  | 46 |
| 11.1.2 | <i>Verifica in condizioni sismiche</i> .....                  | 49 |
| 11.2   | VERIFICA SOLETTA INFERIORE .....                              | 52 |
| 11.2.1 | <i>Verifica in condizioni statiche</i> .....                  | 53 |
| 11.2.2 | <i>Verifica in condizioni sismiche</i> .....                  | 57 |
| 11.3   | VERIFICHE GEOTECNICHE .....                                   | 60 |
| 11.3.1 | <i>Verifica a carico limite della fondazione</i> .....        | 60 |
| 11.3.2 | <i>Calcolo dei cedimenti</i> .....                            | 65 |

## 1. PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo della Direttrice ferroviaria Messina – Catania – Palermo nodo di Catania, interrimento linea per il prolungamento della pista dell'aeroporto di Fontanarossa e per la messa a sti del tratto di linea interessato - macrofase funzionale 1 - lotto 02.

### 1.1 Descrizione dell'opera

Nella presente relazione sono illustrati i calcoli e le verifiche del muro di imbocco al sottovia SL03 entro la nuova viabilità NV06 alla progressiva km 1+211.51 della Linea Catania-Siracusa. Nell'immagine seguente è evidenziata la collocazione dell'opera.

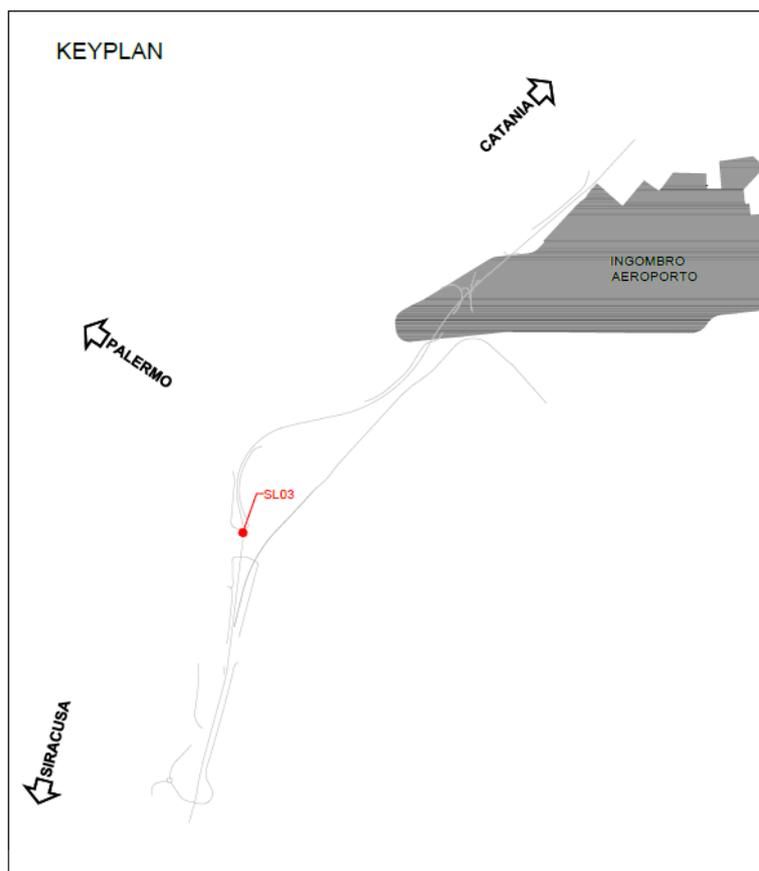


Figura 1 – Keyplan

Nelle seguenti figure si riportano pianta, prospetto e sezione dell'opera:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|------------|------|---------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 4 di 66 |

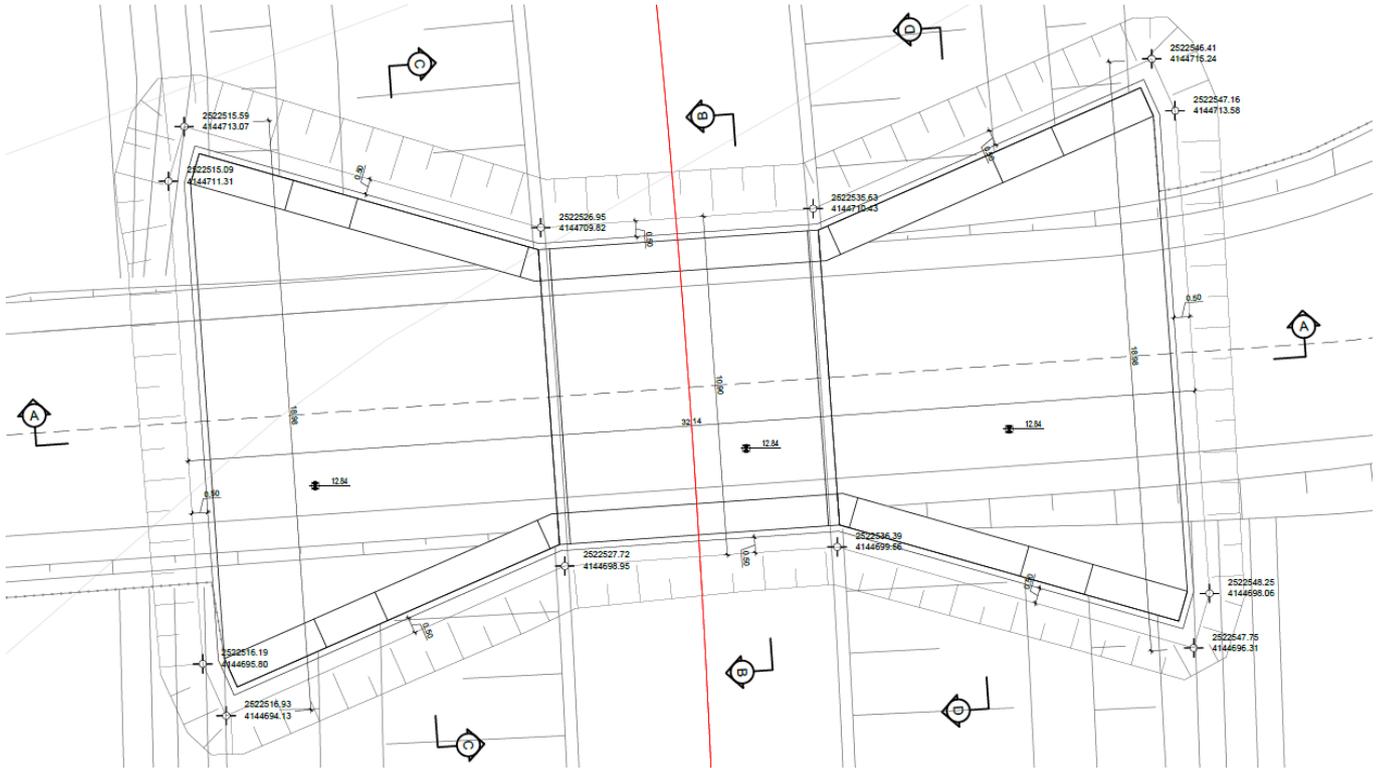
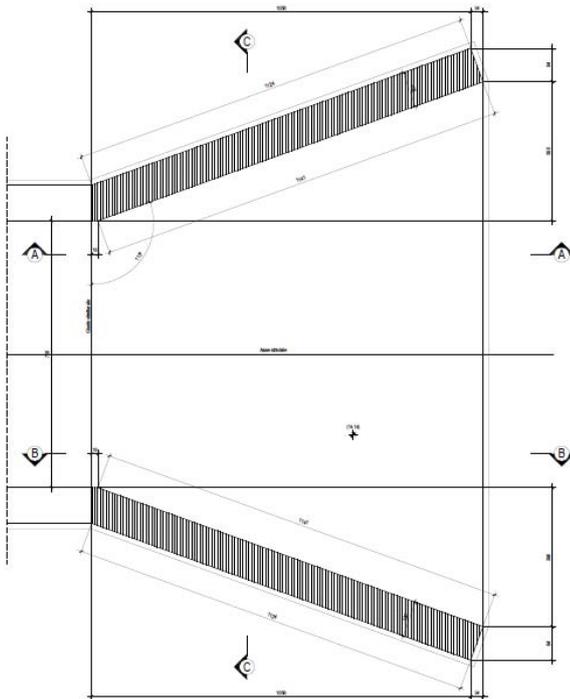


Figura 2 – Pianta

VISTA DALL'ALTO - Scala 1:50



PIANTA SPICCATO - Scala 1:50

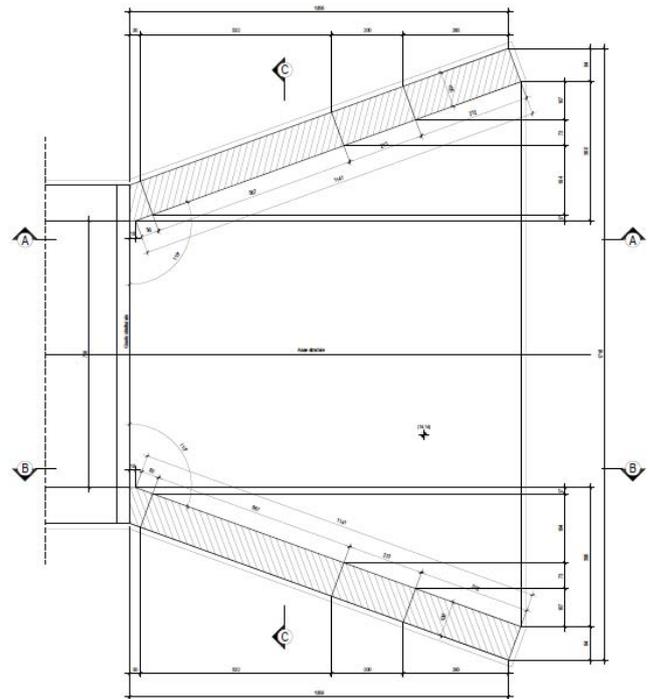
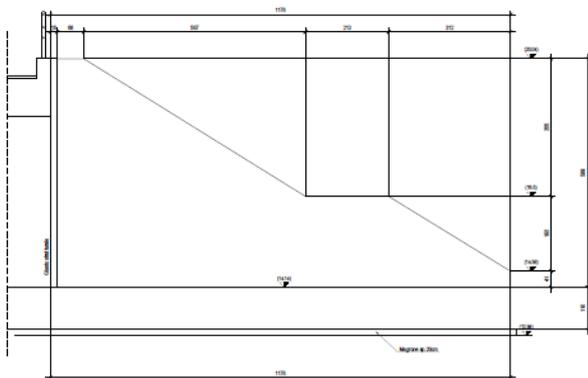


Figura 3 – Vista dall'alto e pianta spiccato muro di imbocco

SEZIONE A-A - Scala 1:50



SEZIONE B-B - Scala 1:50

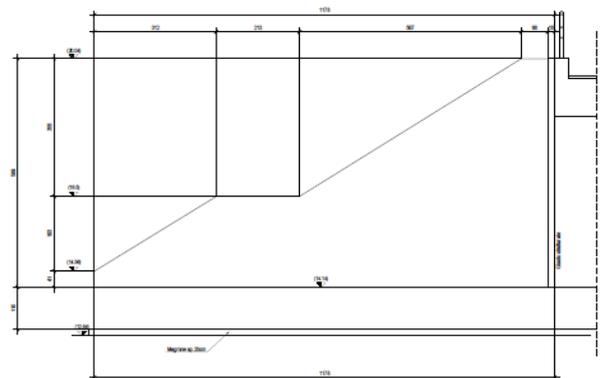


Figura 4 – Prospetti muro di imbocco

SEZIONE C-C - Scala 1:50

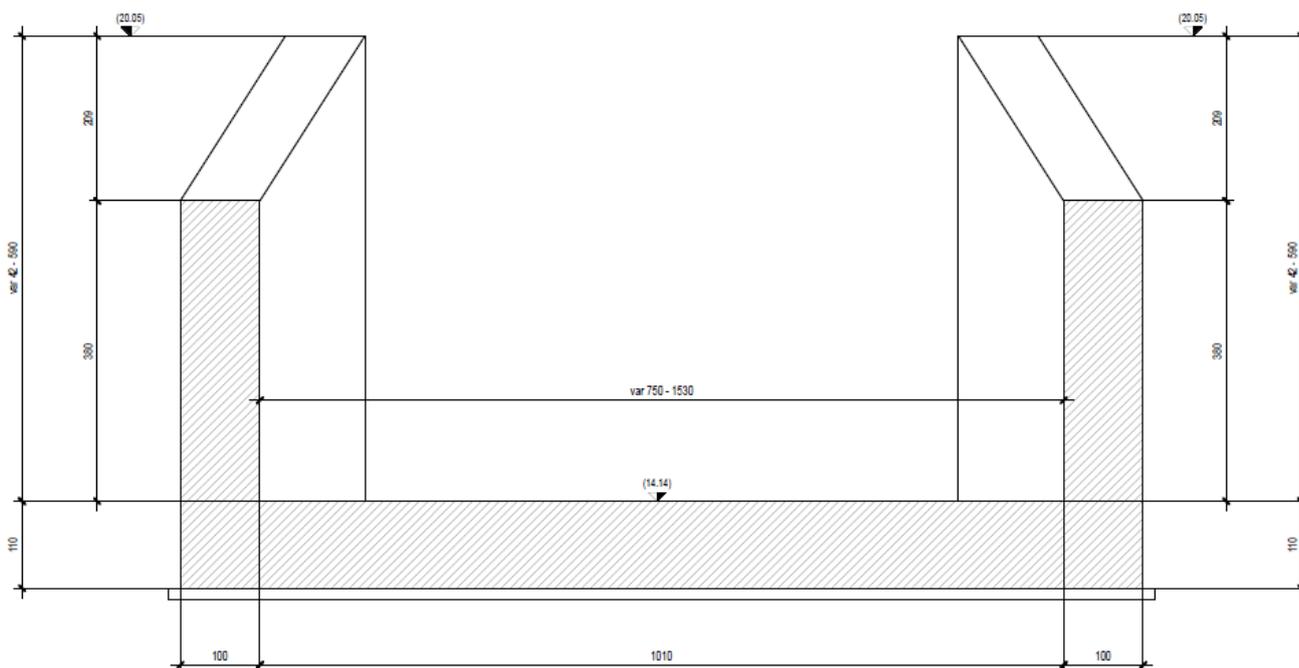


Figura 5 – Sezione trasversale muro di imbocco

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.

Il muro di imbocco allo scatolare SL03, presenta una soletta di fondazione di spessore pari a 1,10 m e larghezza interna variabile tra 7.50 m e 15.30 m. I piedritti hanno spessore pari a 1,00 m e la loro altezza varia tra 0.42 m e 5.90 m.

Al fine di considerare le condizioni di carico più gravose si è considerata la sezione con altezza massima dei piedritti pari a 5.90 m e larghezza massima interna pari a 7.50 m. L'altezza complessiva del muro, compresa la soletta di fondazione, è pari a 7.00 m.

Lo spessore dei piedritti è pari a 1,00 m, mentre la soletta di fondo ha spessore di 1,10 m.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|------------|------|---------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 7 di 66 |

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'interpretazione dei risultati e la redazione della presente relazione sono stati effettuati nel rispetto della Normativa in vigore.

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

[N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);

[N.2]. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;

[N.3]. Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019

[N.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2

[N.5]. RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|------------|------|---------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 8 di 66 |

### 3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

RS3H.0.2.D.78.BB.SL.03.0.0.001.A:

“Bretella CT-SR e Fascio A-P di prima fase e Collegamento Fascio A-P-Interporto – Opere civili – SL03 Sottovia interferenze viabilità (NV06) con Ramo Catania Siracusa al km 1+090 circa – Carpenteria muri imbocco – Tav. 1/2”

RS3H.0.2.D.78.BB.SL.03.0.0.002.A:

“Bretella CT-SR e Fascio A-P di prima fase e Collegamento Fascio A-P-Interporto – Opere civili – SL03 Sottovia interferenze viabilità (NV06) con Ramo Catania Siracusa al km 1+090 circa – Carpenteria muri imbocco – Tav. 2/2”

RS3H.0.2.D.78.RH.GE.00.0.5.001.A:

“Elaborati generali – Geotecnica - Relazione geotecnica generale”



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3H

02

CL

SL0300 002

A

9 di 66

#### 4. UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

unità di misura principali

|                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| N (Newton)            | unità di forza     |
| m (metro)             | unità di lunghezza |
| kg (kilogrammo-massa) | unità di massa     |
| s (secondo)           | unità di tempo     |

unità di misura derivate **kN**

|                                     |                                  |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| (kiloNewton)                        | 103N                             |
| <b>MN</b> (megaNewton)              | 106N                             |
| <b>kgf</b> (kilogrammo-forza)       | 1 kgf = 9.81 N                   |
| <b>cm</b> (centimetro)              | 10 <sup>-2</sup> m               |
| <b>mm</b> (millimetro)              | 10 <sup>-3</sup> m               |
| <b>Pa</b> (Pascal)                  | 1 N/m <sup>2</sup>               |
| <b>kPa</b> (kiloPascal)             | 10 <sup>3</sup> N/m <sup>2</sup> |
| MPa (megaPascal)                    | 10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup> |
| N/m <sup>3</sup>                    | (peso specifico)                 |
| <b>g</b> (accelerazione di gravità) | ~9.81 m/s <sup>2</sup>           |

corrispondenze notevoli

1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>

1 MPa ~ 10 kgf/cm<sup>2</sup>

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3H

02

CL

SL0300 002

A

10 di 66

|                         |                           |                        |   |
|-------------------------|---------------------------|------------------------|---|
| $\gamma$ (gamma)        | peso dell'unità di volume | (kN/m <sup>3</sup> )   |   |
| $\sigma$ (sigma)        | tensione normale          | (N/mm <sup>2</sup> )   |   |
| $\tau$ (tau)            | tensione tangenziale      | (N / mm <sup>2</sup> ) |   |
| $\varepsilon$ (epsilon) | deformazione              | (m/m)                  | - |
| $\phi$ (fi)             | angolo di resistenza      | (° sessagesimali)      |   |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 11 di 66 |

## 5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 5.1 Calcestruzzo muri

- Classe di resistenza  $C30/37 R_{ck} \geq 37 \text{ N/mm}^2$
- Classe di esposizione ambientale XC3/XA1
- Copriferro nominale minimo 40 mm

Resistenza di calcolo del calcestruzzo per la verifica agli SLU ( $\gamma_c = 1.5$ ):

Resistenza di calcolo a rottura per compressione:

- $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$   $30.7 \text{ N/mm}^2$
- $f_{cm} = f_{ck} + 8$   $38.7 \text{ N/mm}^2$
- $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$   $17.4 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

- $f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$   $2.94 \text{ N/mm}^2$
- $f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{ctm}$   $2.06 \text{ N/mm}^2$
- $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$   $1.37 \text{ N/mm}^2$
- $f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$   $3.53 \text{ N/mm}^2$
- $f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{cfm}$   $2.47 \text{ N/mm}^2$
- $E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3}$   $330169 \text{ N/mm}^2$

### Calcolo copriferro - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC 2018

- Elemento strutturale: fondazione e piedritti muro a U

|  |            |        |
|--|------------|--------|
| Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali: | 26         | [mm]   |
| Diametro staffe:                                       | 12         | [mm]   |
| Diametro armature di ripartizione:                     | 20         | [mm]   |
| Classe Calcestruzzo:                                   | C30/37     |        |
| Condizioni ambientali:                                 | Aggressive |        |
| Vita nominale costruzione:                             | 75         | [anni] |
| Incremento di 5 mm rispetto a vita nominale di 50 anni |            |        |
| Tolleranza di posa:                                    | 10         | [mm]   |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 12 di 66 |

Copriferro staffe:

Copriferro minimo  $c_{min}$ : 40 [mm]

Copriferro nominale Netto Staffe: 50 [mm]

Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali: 82 [mm]

Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale: 95 [mm]

## 5.2 Acciaio d'armatura

L'acciaio utilizzato è ad aderenza migliorata tipo B450C ed è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura:

- $f_{y, nom}$  450 N/mm<sup>2</sup>
- $f_{t, nom}$  540 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo dell'acciaio per la verifica agli SLU ( $\gamma_s=1.15$ ):

Resistenza di calcolo a rottura per trazione e deformazione corrispondente:

- $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$  391.3 N/mm<sup>2</sup>
- $\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$  0.186%

## 6. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella relazione geotecnica.

Si riportano di seguito uno stralcio del profilo stratigrafico e i terreni su cui poggiano i muri di sostegno lungo il tracciato, con i parametri fisici e meccanici ad essi assegnati. In base ai dati a disposizione sono stati scelti dei valori cautelativi per i parametri di calcolo.

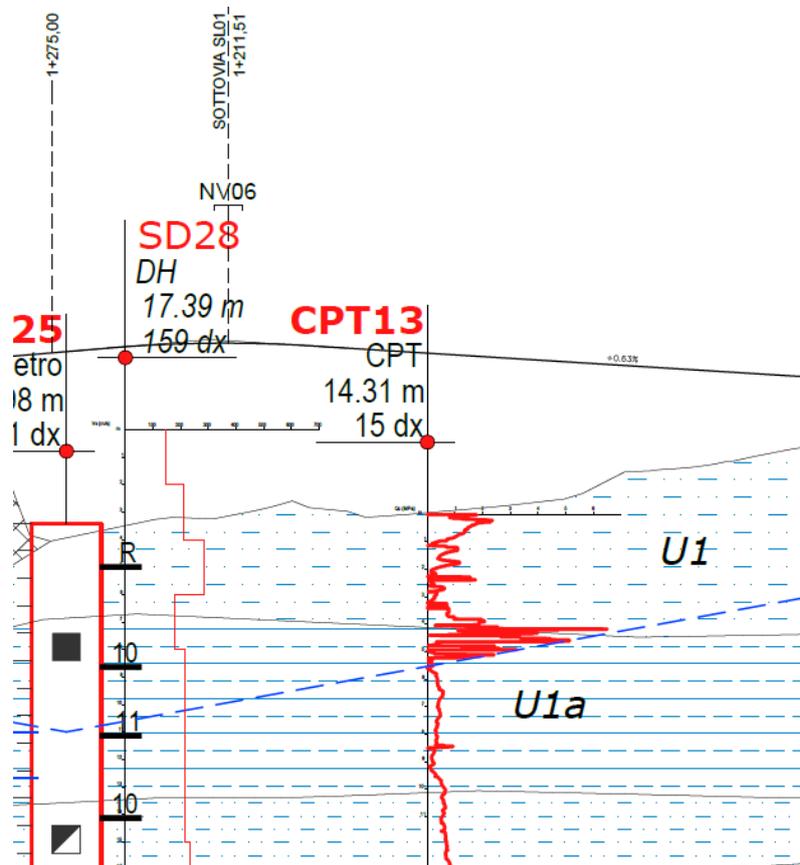


Figura 6-1 – Stratigrafia.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

|          |       |          |            |      |          |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 14 di 66 |

| Unità<br>geotecnica | da<br>[m] | a<br>[m] | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $c'$<br>[kPa] | $\phi'$<br>[°] | $c_u$<br>[kPa] | $E_0$<br>[MPa] |
|---------------------|-----------|----------|----------------------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| U1                  | 0         | 3.5      | 18.5                             | 5             | 30             | -              | 30             |

La falda è posta a circa - 6.80 metri dal piano campagna.

Per l'inquadrimento geotecnico si rimanda alla "Relazione geotecnica generale" e ai relativi profili geotecnici.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 15 di 66 |

## 7. CRITERI DI VERIFICA

### 7.1 Verifiche geotecniche (slu) in condizioni statiche

Nelle verifiche di sicurezza si sono presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo sia a breve termine sia a lungo termine. Gli stati limite ultimi delle opere di sostegno si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono le opere stesse.

Per i **muri a U su fondazione diretta** si considera lo stato limite ultimo di tipo geotecnico (GEO) il collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno e lo stato limite ultimo di tipo strutturale, (STR) il raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica a carico limite è effettuata secondo la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.I, 6.4.II e 6.4.VI delle NTC18.

#### 7.1.1 Verifica a carico limite della fondazione

Per il calcolo della capacità portante della fondazione si è fatto riferimento alla formula di Brinch-Hansen (1970) integrata dai coefficienti sismici di Paolucci e Pecker (1995), di seguito riportata:

$$q_{lim} = c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q + 0.5 \gamma B N_{s_y} d_y i_y b_y g_y z_y$$

$$F_s = q_{lim} / q_{es}$$

con  $q_{es} = N / (B \cdot L')$  la pressione dovuta al carico verticale.

### 7.2 Verifiche geotecniche (slv) in condizioni sismiche

L'azione sismica agente sulle masse strutturali è stata considerata con un approccio di tipo pseudo-statico. Esso consente di rappresentare il sisma mediante una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k. Le forze sismiche sono pertanto:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

con  $k_h$  e  $k_v$ , rispettivamente, coefficiente sismico orizzontale e verticale, pari a

$$k_h = \beta_m \cdot a_{max} / g \text{ coefficiente sismico orizzontale}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \text{ coefficiente sismico verticale}$$

Nelle espressioni precedenti  $a_{max}$  rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito mentre  $\beta_m$  è il coefficiente di riduzione di tale accelerazione valutato in funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti relativi rispetto al terreno. Per l'analisi della struttura in esame  $\beta_m$  è stato posto pari ad 1. L'accelerazione orizzontale massima è stata valutata con la relazione:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 16 di 66 |

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

in cui  $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido e  $S$  un coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ).

Gli effetti dell'azione sismica sono stati valutati tenendo conto, della massa associata al peso proprio e delle masse associate al carico permanente.

Inoltre, l'incremento di spinta dovuto al sisma è stato valutato utilizzando la teoria di Wood. Secondo tale teoria la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma, su una parete di altezza  $H_s$ , viene determinato attraverso la relazione  $\Delta S_E = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H_{\text{tot}}^2$  ( $H_{\text{tot}}$  = distanza p.c. – intradosso soletta inferiore).

### 7.3 Verifiche geotecniche (sle)

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione [6.2.7] delle NTC 2018:

$$E_d \leq C_d$$

essendo  $E_d$  e  $C_d$  rispettivamente il valore di progetto dell'effetto delle azioni e il prescritto valore limite dell' effetto delle azioni (spostamenti, rotazioni, distorsioni, ecc.).

In particolare, dovranno essere valutati gli spostamenti delle opere di sostegno e del terreno circostante per verificarne la compatibilità con la funzionalità delle opere stesse e con la sicurezza e funzionalità dei manufatti adiacenti, anche a seguito di modifiche indotte sul regime delle pressioni interstiziali.

Per i lavori e le opere da realizzare in prossimità di linee ferroviarie già in esercizio, le verifiche agli SLE dovranno essere condotte assumendo come limite degli spostamenti indotti durante la costruzione sui binari in esercizio i valori limite dei difetti riferiti al secondo livello di qualità descritti nella specifica tecnica RFI TCAR ST AR 01 001 D "Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h" e relativi allegati.

Qualora vengano superati i limiti riferiti al primo livello di qualità, il progetto dovrà prevedere l'esecuzione di un monitoraggio del binario durante la costruzione al fine di controllare l'effettivo andamento delle deformazioni.

#### 7.3.1 Calcolo dei cedimenti (sle)

Per quanto riguarda la valutazione dei cedimenti, è stata impiegata la teoria di Poulos e Davis (1974).

In tal modo il cedimento immediato è dovuto ad una distorsione del terreno sottostante il carico, che si deforma e cambia forma a volume costante.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
 IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 17 di 66 |

### **Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)**

$$\Delta\sigma_z i = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z)/R_3(1/R_1^2 + 1/R_2^2))$$

$$\Delta\sigma_x i = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3 R_1^2)$$

$$\Delta\sigma_y i = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3 R_2^2)$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$\delta_{\text{tot}} = \Sigma \delta_i = \Sigma (((\Delta\sigma_z i - v_i(\Delta\sigma_x i + \Delta\sigma_y i)) \Delta z_i / E_i)$$

## **7.4 Verifiche strutturali slu**

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15;

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali e geotecniche condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

### **7.4.1 Criteri di verifica delle sezioni in c.a.**

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

### **7.4.2 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione - pressoflessione**

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione sono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 18 di 66 |

### 7.4.3 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM17/01/2018, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

- resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio:

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

- valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento:

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

- valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

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

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02;$$

$A_{sl}$  è l'area dell'armatura tesa;

$b_w$  è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 \cdot f_{cd};$$

$N_{Ed}$  è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;

$A_c$  è l'area della sezione di calcestruzzo;

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

$1 \leq \cot\theta \leq 2,5$  è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave;

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

$s$  è il passo delle staffe;

$f_{ywd}$  è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio;



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 19 di 66 |

$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$  è la resistenza ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima;

$\alpha_{cw} = 1$  è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

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

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

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

$\sigma_s < 0.75 f_k$  per combinazione di carico caratteristica (rara).

Nel secondo caso, si assume che le condizioni ambientali del sito in cui sorge l'opera siano ordinarie e aggressive, rispettivamente per la zattera di fondazione e per il paramento verticale, e si verifica che il valore limite di apertura della fessura, calcolato per armature poco sensibili, sia al più pari ai seguenti valori nominali:

$w_1 = 0.2$  mm per condizioni ambientali aggressive (comb. Frequente e quasi permanente);

$w_2 = 0.3$  mm per condizioni ambientali ordinarie (comb. Frequente e quasi permanente).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 20 di 66 |

## 7.5 Verifiche strutturali (sle)

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato

### 7.5.1 Verifiche alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento " Manuale di progettazione opere civili"

#### Strutture in c.a.

#### Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara):  $0,55 f_{ck}$ ;
- per combinazioni di carico quasi permanente:  $0,40 f_{ck}$ ;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

#### Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare  $0,75 f_{yk}$

Per il caso in esame risulta in particolare:

- Muro di imbocco:

#### CALCESTRUZZO

$$\sigma_{cmax QP} = (0,40 f_{ck}) = \mathbf{12.28} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{cmax R} = (0,55 f_{ck}) = \mathbf{16.88} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

#### ACCIAIO

$$\sigma_{s max} = (0,75 f_{yk}) = \mathbf{337.5} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

|          |       |          |            |      |          |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 21 di 66 |

### 7.5.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

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

| Gruppi di esigenza | Condizioni ambientali | Combinazione di azione | Armatura           |            |                |            |
|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|------------|----------------|------------|
|                    |                       |                        | Sensibile          |            | Poco sensibile |            |
|                    |                       |                        | Stato limite       | wd         | Stato limite   | wd         |
| a                  | Ordinarie             | frequente              | ap. fessure        | $\leq w_2$ | ap. fessure    | $\leq w_3$ |
|                    |                       | quasi permanente       | ap. fessure        | $\leq w_1$ | ap. fessure    | $\leq w_2$ |
| b                  | Aggressive            | frequente              | ap. fessure        | $\leq w_1$ | ap. fessure    | $\leq w_2$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |
| c                  | Molto Aggressive      | frequente              | formazione fessure | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |

| CONDIZIONI AMBIENTALI | CLASSE DI ESPOSIZIONE             |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie             | X0, XC1, XC2, XC3, XF1            |
| Aggressive            | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive      | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4      |

Tabella 7-1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e condizioni ambientali.

Risultando:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dalle specifiche RFI (Manuale di progettazione delle opere civili parte II sezione 2 – Requisiti concernenti la fessurazione per strutture in c.a., c.a.p. e miste acciaio-calcestruzzo) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

Combinazione Caratteristica (Rara)

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

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura prevista al punto " C4.1.2.2.4.5 Verifica allo stato limite di fessurazione" della Circolare n.7/19.

## 8. MODELLAZIONE ADOTTATA

Per l'analisi della struttura è stato sviluppato un modello di calcolo nel quale l'interazione struttura-terreno è stata simulata attraverso molle reagenti solo a compressione (analisi non lineare); la costante di sottofondo è stata assunta pari a 4000 kN/m<sup>3</sup> ed è stata calcolata mediante la formula:

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

dove:

E = modulo elastico del terreno (assunto pari a E<sub>0</sub>/5, dove E<sub>0</sub> è il modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni);

n = coefficiente di Poisson;

B = larghezza della fondazione.

c<sub>t</sub> = fattore di forma, coefficiente adimensionale ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 (vedasi tabella seguente).

| Fondazione Rigida                           | c <sub>t</sub>                         |
|---|--|
| - rettangolare con L/B ≤ 10                 | c <sub>t</sub> = 0.853 + 0.534 ln(L/B) |
| - rettangolare con L/B > 10                 | c <sub>t</sub> = 2 + 0.0089 (L/B)      |
| dove L é il lato maggiore della fondazione. |  |

Tabella 2: Fattore di forma per la stima del coefficiente di Winkler

| unità | E     | ν   | B   | L   | L/B  | c <sub>t</sub> | k <sub>w</sub>       |
|-------|-------|-----|-----|-----|------|----------------|----------------------|
| (-)   | (MPa) | (-) | (m) | (m) | (-)  | (-)            | (kN/m <sup>3</sup> ) |
| U1    | 30    | 0.3 | 8.5 | 9.5 | 1.12 | 0.91           | 4251                 |

Tabella 3: Calcolo del coefficiente di Winkler

A partire da k<sub>w</sub> si ricavano le rigidezze delle singole molle attraverso le formulazioni seguenti:

- *Molle centrali*: K<sub>centrale</sub> = K<sub>s</sub> \* (S<sub>p</sub>/2 + L<sub>int</sub> + S<sub>p</sub>/2) / n

- *Molle intermedie*: K<sub>intermedio</sub> = 1.5 \* K<sub>centrale</sub>



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

|          |       |          |            |      |          |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 23 di 66 |

- Molle di spigolo:  $K_{\text{spigolo}} = 2 \cdot K_s \cdot [(Sp/2 + L_{\text{int}} + Sp/2) / n/2 + (Sp/2)]$

dove:

Sp = spessore piedritti

L<sub>int</sub> = larghezza netta scatolare

n = numero di elementi in cui è suddivisa la soletta inferiore

Quindi nel caso in esame dividendo la soletta inferiore in n = 17 elementi si ottiene:

| Tipologia               | Rigidezza k (kN/m) |
|-------------------------|--------------------|
| <i>Molle centrali</i>   | 2000               |
| <i>Molle intermedie</i> | 3000               |
| <i>Molle di spigolo</i> | 6000               |

Tabella 4: Riepilogo molle applicate al modello

L'analisi delle strutture è stata condotta mediante il programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000, prodotto dalla Computer and Structures inc. di Berkeley, California, USA.

Lo schema statico impiegato è quello di telaio costituito da elementi frame; in corrispondenza della intersezione tra tali elementi il programma genera in automatico dei nodi per garantire la continuità strutturale. Ad ogni elemento è assegnata la corrispondente sezione rettangolare in calcestruzzo, la cui geometria è definita dallo spessore dell'elemento stesso per una larghezza unitaria, dal momento che la struttura è risolta come piana.

Per le verifiche delle sezioni si è adottato il programma RC-SEC – Autore GEOSTRU.

La larghezza interna è di 7.50 m e l'altezza interna pari 5.90 m, con piedritti di spessore 1.00 m e soletta inferiore di spessore 1.10 m.

In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 24 di 66 |

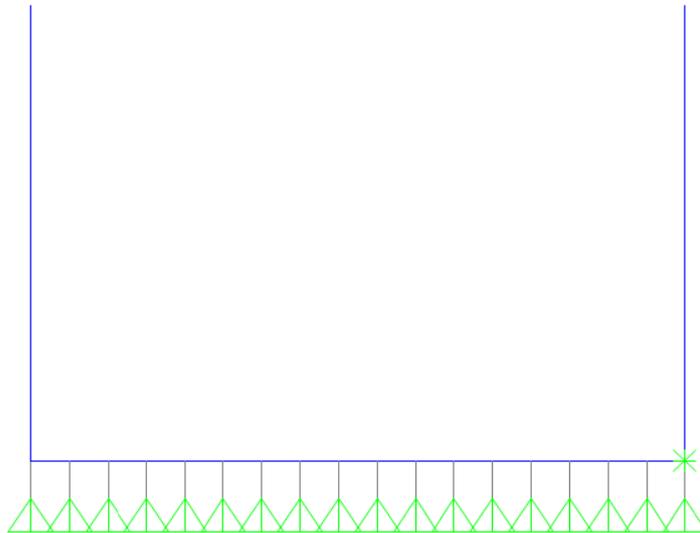


Figura 2 – Modello di calcolo.

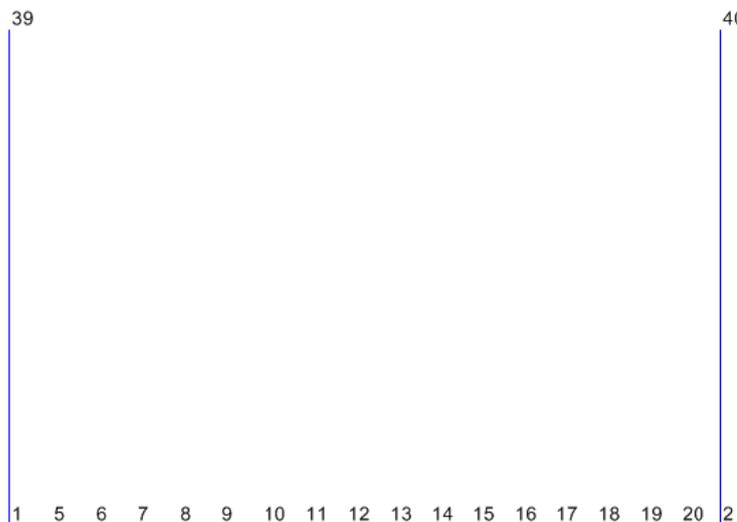


Figura 3 – Numerazione nodi.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3H

02

CL

SL0300 002

A

25 di 66

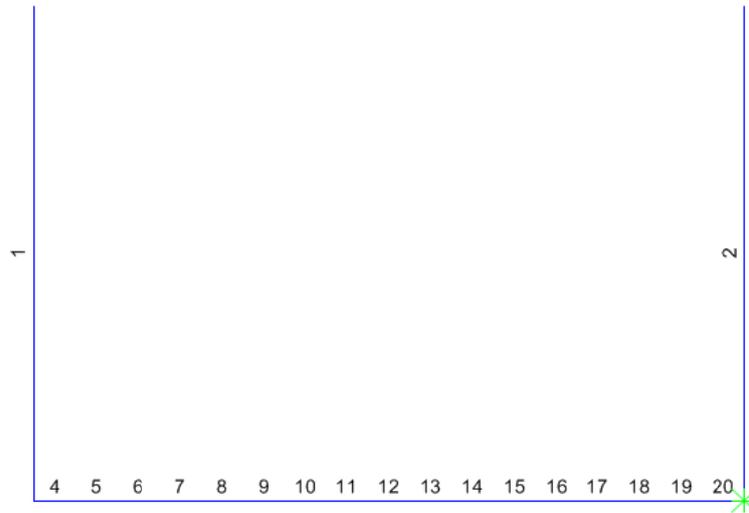


Figura 4 – Numerazione aste.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 26 di 66 |

## 9. ANALISI DEI CARICHI

### 9.1 Peso proprio della struttura

Il peso proprio della struttura è valutato automaticamente dal programma di calcolo attribuendo al c.a. un peso dell'unità di volume di  $25 \text{ kN/m}^3$ .

### 9.2 Carichi permanenti portati

Il carico permanente portato è rappresentato, per la soletta inferiore, del riempimento con misto granulare stabilizzato . Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

| Soletta inferiore |      |                 |             |          |      |                 |                         |
|-------------------|------|-----------------|-------------|----------|------|-----------------|-------------------------|
| $\gamma$          | 18.0 | $\text{kN/m}^3$ | riempimento | $\gamma$ | 21.0 | $\text{kN/m}^3$ | pavimentazione stradale |
| s                 | 0.40 | m               |             | s        | 0.10 | m               |                         |
| W                 | 7.20 | $\text{kN/m}^2$ |             | W        | 2.1  | $\text{kN/m}^2$ |                         |

Frame Span Loads (permanenti\_soletta\_inferiore) (GLOBAL CSys)

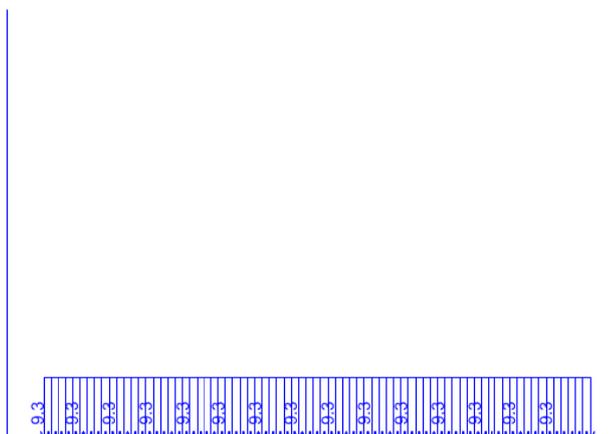


Figura 5 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.

### 9.3 Spinta del terreno

Per la valutazione della spinta esercitata dal terreno quest'ultimo è stato considerato in condizioni di riposo pertanto il coefficiente di spinta è dato dalla relazione  $k_0 = 1 - \text{sen}\phi'$ .

| SPINTA A RIPOSO |       |                   |   |
|-----------------|-------|-------------------|---|
| $\gamma$        | 20    | kN/m <sup>3</sup> | peso di volume terreno                    |
| $\phi'_k$       | 38    | °                 | angolo attrito caratteristico             |
| $\phi'_d$       | 38    | °                 | angolo attrito di progetto                |
| $k_0$           | 0.38  | -                 |   |
| $H_2$           | 5.95  | m                 | distanza assi soletta superiore-inferiore |
| $p_2$           | 45.74 | kN/m <sup>3</sup> |   |
| $H_{inf}$       | 0.55  | kN/m              | metà spessore soletta inferiore           |
| $F_{inf}$       | 26.32 | kN/m              | spinta su metà spessore soletta inferiore |

Frame Span Loads (spinta\_sx\_k0) (GLOBAL CSys)



Figura 6 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 28 di 66 |

Frame Span Loads (spinta\_dx\_k0) (GLOBAL CSys)

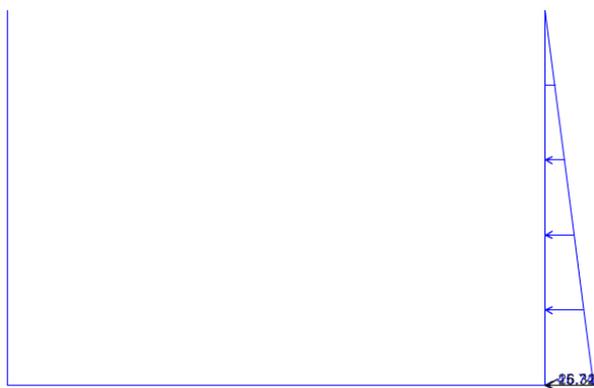
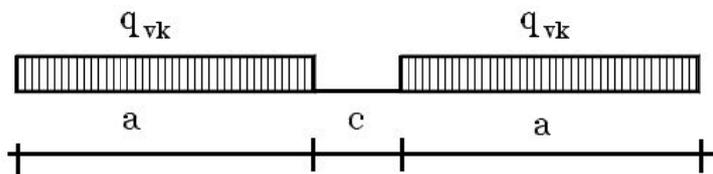


Figura 7 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

#### 9.4 Incremento di spinta dovuto al sovraccarico ferroviario

Cautelativamente si considera un sovraccarico accidentale a tergo del muro dovuto al treno di carico SW/2.

Il treno di carico SW/2 è costituito da due carichi distribuiti di 150 kN/m aventi un'estensione di 25 m posti ad una distanza, c, di 7.0 m (Figura 8).



| tipo di carico | $q_{vk}$ [kN/m] | a [m] | c [m] |
|----------------|-----------------|-------|-------|
| SW/2           | 150             | 25.0  | 7.0   |

Figura 8 – Treno di carico SW/2.

I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento  $\alpha$ , il cui valore è riportato nella Figura 9.

| modello di carico | coefficiente di adattamento $\alpha$ |
|-------------------|--------------------------------------|
|                   |                                      |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
 IMBOCCO SL03

|          |       |          |            |      |          |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 29 di 66 |

|      |     |
|------|-----|
| SW/2 | 1.0 |
|------|-----|

Figura 9 – Coefficiente di adattamento  $\alpha$

| INCREMENTO SPINTA SOVRACC. ACCIDENTALE |       |                   |   |
|--|-------|-------------------|---|
| Treno di carico SW/2                   |       |                   |   |
| $q_{vk}$                               | 150   | kN/m              |   |
| $\alpha$                               | 1     | -                 | coeff. adattamento                        |
| $\phi_3$                               | -     | -                 | coeff. incremento dinamico                |
| $L_d$                                  | 2.58  | m                 | lunghezza di ripartizione trasversale     |
| $\Delta\sigma_h$                       | 22.39 | kN/m <sup>2</sup> |   |
| $F_{inf}$                              | 12.31 | kN/m              | spinta su metà spessore soletta inferiore |

Frame Span Loads (spinta\_SW/2\_sx) (GLOBAL CSys)



Figura 10 – Incremento di spinta sulla spalla sinistra dovuto al treno di carico SW/2.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 30 di 66 |

## 9.5 Sovraccarico accidentale sulla soletta inferiore

Il carico variabile sulla soletta inferiore si pone pari a  $q = 20 \text{ kN/m}^2$ .

Frame Span Loads (accidentale\_inferiore) (GLOBAL CSys)

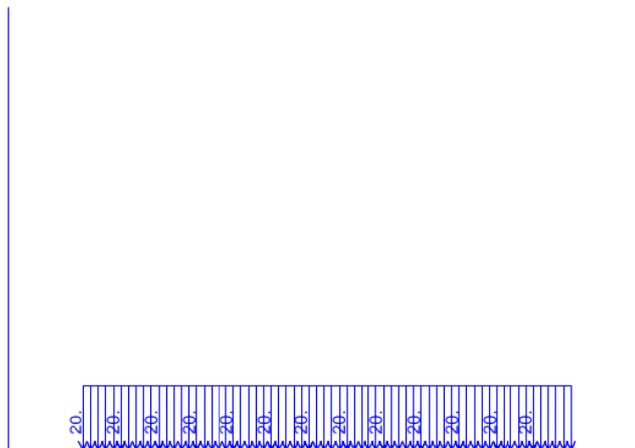


Figura 11 – Sovraccarico accidentale sulla soletta inferiore in posizione centrata.

Frame Span Loads (accidentale\_inferiore\_sx) (GLOBAL CSys)

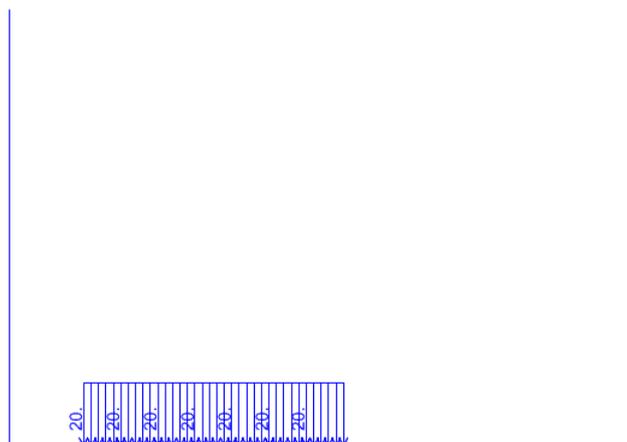


Figura 12 – Sovraccarico accidentale sulla soletta inferiore in posizione decentrata.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 31 di 66 |

## 9.6 Caratterizzazione sismica

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

### 9.6.1 Vita nominale e classe d'uso

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale ( $V_N$ ), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso ( $C_U$ )

In accordo con quanto riportato al punto 2.5.1.1 del Manuale di Progettazione delle Opere Civili –Ponti e Strutture, per l'opera in oggetto si considera una vita nominale  $V_N = 75$  anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità  $V < 250$  Km/h") e una classe d'uso C III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a  $C_U = 1.5$ .

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutati in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a  $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$  anni.

### 9.6.2 Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali), dipendono, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (periodo di riferimento per valutazione azione sismica) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

Categoria sottosuolo C

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottiene per il sito in esame:

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 15.04779      LATITUDINE: 37.46472

Ricerca per comune

REGIONE: Sicilia      PROVINCIA: Catania      COMUNE: Catania

Elaborazioni grafiche  
 Grafici spettri di risposta |>  
 Variabilità dei parametri |>

Elaborazioni numeriche  
 Tabella parametri |>

Nodi del reticolo intorno al sito



Controllo sul reticolo

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

Interpolazione: media ponderata

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

INTRO      **FASE 1**      FASE 2      FASE 3

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$ : 75 info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$ : 1.5 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$ : 112.5 info

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

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO -  $P_{VR} = 81\%$ : 68
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$ : 113

Stati limite ultimi - SLU

- SLV -  $P_{VR} = 10\%$ : 1068
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$ : 2193

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- .....■..... Strategia scelta

INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 33 di 66 |

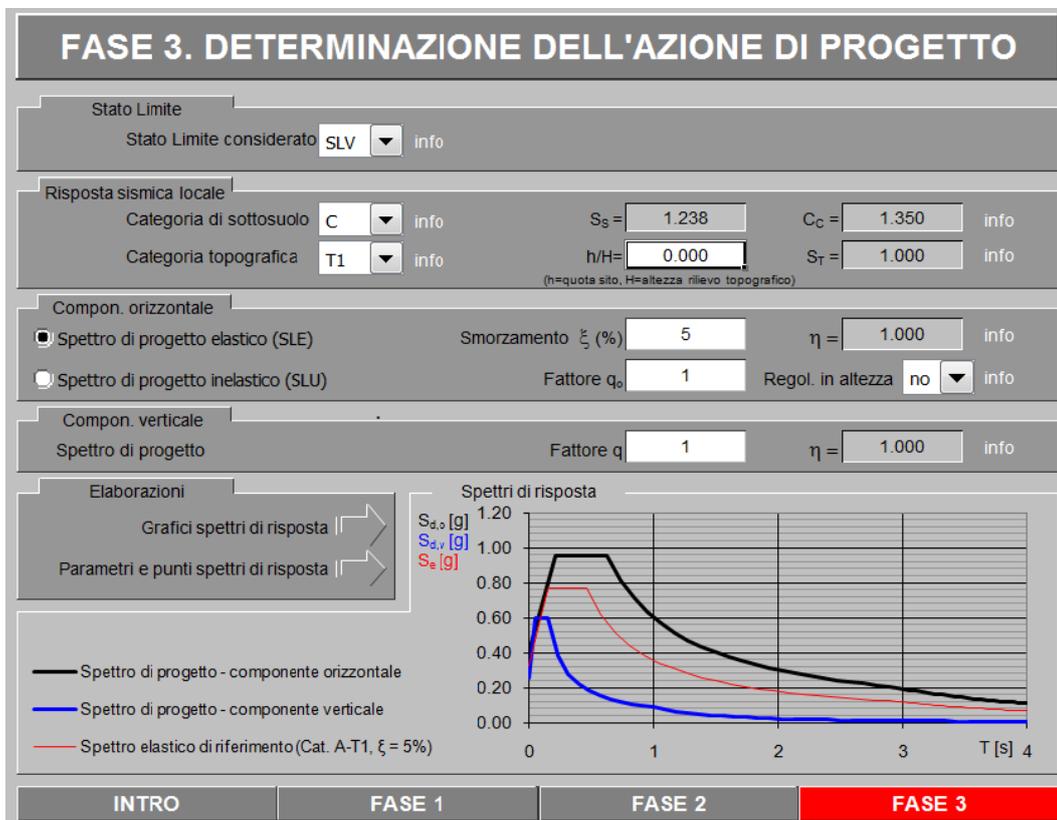
I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) per gli stati limite di normativa sono dunque:

| SLATO LIMITE | $T_R$<br>[anni] | $a_g$<br>[g] | $F_0$<br>[-] | $T_c^*$<br>[s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO          | 68              | 0.080        | 2.494        | 0.281          |
| SLD          | 113             | 0.103        | 2.501        | 0.290          |
| SLV          | 1068            | 0.321        | 2.357        | 0.466          |
| SLC          | 2193            | 0.459        | 2.355        | 0.526          |

$a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0$  → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^*$  → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;



### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

#### Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV     |
|--------------|---------|
| $a_n$        | 0.321 g |
| $F_n$        | 2.357   |
| $T_C^*$      | 0.466 s |
| $S_S$        | 1.246   |
| $C_C$        | 1.351   |
| $S_T$        | 1.000   |
| $q$          | 1.000   |

#### Parametri dipendenti

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1.246   |
| $\eta$ | 1.000   |
| $T_B$  | 0.210 s |
| $T_C$  | 0.629 s |
| $T_D$  | 2.884 s |

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C/3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

|                  | T [s] | $S_e$ [g] |
|------------------|-------|-----------|
|                  | 0.000 | 0.400     |
| $T_B \leftarrow$ | 0.210 | 0.943     |
| $T_C \leftarrow$ | 0.629 | 0.943     |
|                  | 0.737 | 0.805     |
|                  | 0.844 | 0.703     |
|                  | 0.951 | 0.624     |
|                  | 1.059 | 0.560     |
|                  | 1.166 | 0.509     |
|                  | 1.273 | 0.466     |
|                  | 1.381 | 0.430     |
|                  | 1.488 | 0.399     |
|                  | 1.596 | 0.372     |
|                  | 1.703 | 0.348     |
|                  | 1.810 | 0.328     |
|                  | 1.918 | 0.309     |
|                  | 2.025 | 0.293     |
|                  | 2.132 | 0.278     |
|                  | 2.240 | 0.265     |
|                  | 2.347 | 0.253     |
|                  | 2.455 | 0.242     |
|                  | 2.562 | 0.232     |
|                  | 2.669 | 0.222     |
|                  | 2.777 | 0.214     |
| $T_C \leftarrow$ | 2.884 | 0.206     |
|                  | 2.937 | 0.198     |
|                  | 2.990 | 0.191     |
|                  | 3.043 | 0.185     |
|                  | 3.097 | 0.178     |
|                  | 3.150 | 0.172     |
|                  | 3.203 | 0.167     |
|                  | 3.256 | 0.161     |
|                  | 3.309 | 0.156     |
|                  | 3.362 | 0.151     |
|                  | 3.415 | 0.147     |
|                  | 3.469 | 0.142     |
|                  | 3.522 | 0.138     |
|                  | 3.575 | 0.134     |
|                  | 3.628 | 0.130     |
|                  | 3.681 | 0.126     |
|                  | 3.734 | 0.123     |
|                  | 3.787 | 0.119     |
|                  | 3.841 | 0.116     |
|                  | 3.894 | 0.113     |
|                  | 3.947 | 0.110     |
|                  | 4.000 | 0.107     |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 35 di 66 |

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

### 9.6.3 Azione sismica

L'azione sismica agente sulle masse strutturali è stata considerata con un approccio di tipo pseudo-statico. Esso consente di rappresentare il sisma mediante una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ . Le forze sismiche sono pertanto:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

con  $k_h$  e  $k_v$ , rispettivamente, coefficiente sismico orizzontale e verticale, pari a

$$k_h = \beta_m \cdot a_{max}/g \text{ coefficiente sismico orizzontale}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \text{ coefficiente sismico verticale}$$

Nelle espressioni precedenti  $a_{max}$  rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito mentre  $\beta_m$  è il coefficiente di riduzione di tale accelerazione valutato in funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti relativi rispetto al terreno. Per l'analisi della struttura cautelativamente  $\beta_m$  è stato posto pari ad 1. L'accelerazione orizzontale massima è stata valutata con la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

in cui  $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido e  $S$  un coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ).

Inoltre, l'incremento di spinta dovuto al sisma è stato valutato utilizzando la teoria di Wood. Secondo tale teoria la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma, su una parete di altezza  $H_s$ , viene determinato attraverso la relazione  $\Delta S_E = (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$  ( $H$  = distanza p.c. – intradosso soletta inferiore).

|           |       |   |
|-----------|-------|---|
| $a_g$     | 0.321 | g |
| $S_S$     | 1.25  |   |
| $S_T$     | 1     |   |
| $a_{max}$ | 0.400 | g |
| $\beta_m$ | 1     |   |
| $k_h$     | 0.400 |   |
| $k_v$     | 0.200 |   |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 36 di 66 |

| INERZIA ORIZZONTALE        |       |          |                      |
|----------------------------|-------|----------|----------------------|
| Piedritti                  |       |          |                      |
| $k_h \cdot W_p$            | 10.00 | $kN/m^2$ | peso proprio         |
| SOVRASPINTA SISMICA (WOOD) |       |          |                      |
| h                          | 6.5   | m        | altezza totale       |
| $\Delta p_d$               | 52.00 | $kN/m^2$ | incremento di spinta |

Frame Span Loads (sisma\_orizzontale) (GLOBAL CSys)



Figura 13 – Sisma orizzontale.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 37 di 66 |

Frame Span Loads (sovraspinta\_sismica) (GLOBAL CSys)

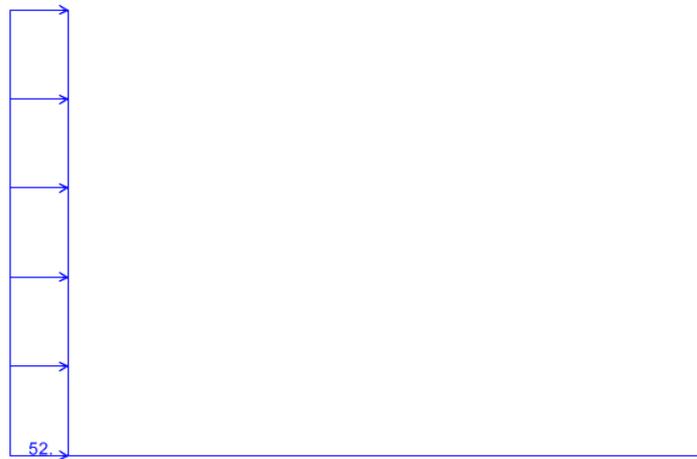


Figura 14 – Incremento di spinta dovuto al sisma.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 38 di 66 |

## 10. COMBINAZIONI DI CALCOLO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni delle azioni.

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

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

Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, utilizzata nella verifica a Fessurazione:

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

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine;

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

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.3 \times E_Z$$

avendo indicato con  $E_Y$  e  $E_Z$  rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica.

I coefficienti di amplificazione dei carichi  $\gamma$  e i coefficienti di combinazione  $\psi$  sono riportati nelle tabelle seguenti.

| coefficiente                                     |             |               | EQU <sup>(1)</sup> | A1<br>STR | A2<br>GEO |
|--|-------------|---------------|--------------------|-----------|-----------|
| Azioni permanenti                                | favorevoli  | $\gamma_{G1}$ | 0.90               | 1.00      | 1.00      |
|  | sfavorevoli |               | 1.10               | 1.35      | 1.00      |
| Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> | favorevoli  | $\gamma_{G2}$ | 0.00               | 0.00      | 0.00      |
|  | sfavorevoli |               | 1.50               | 1.50      | 1.30      |
| Ballast <sup>(3)</sup>                           | favorevoli  | $\gamma_B$    | 0.90               | 1.00      | 1.00      |
|  | sfavorevoli |               | 1.50               | 1.50      | 1.30      |
| Azioni variabili                                 | favorevoli  | $\gamma_Q$    | 0.00               | 0.00      | 0.00      |

|  |             |                |      |      |      |
|--|-------------|----------------|------|------|------|
| da traffico <sup>(4)</sup>                             | sfavorevoli |                | 1.45 | 1.45 | 1.25 |
| Azioni variabili                                       | favorevoli  | $\gamma_{Qi}$  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|  | sfavorevoli |                | 1.50 | 1.50 | 1.30 |
| precompressione  | favorevoli  | $\gamma_P$     | 0.90 | 1.00 | 1.00 |
|  | sfavorevoli |                | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Ritiro, viscosità e cedimenti non impost appositamente | favorevoli  | $\gamma_{Ced}$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|  | sfavorevoli |                | 1.20 | 1.20 | 1.00 |

Tabella 5 – Tab. 5.2.V delle NTC18 – coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU.

| azioni                     |   | $\psi_0$            | $\psi_1$            | $\psi_2$ |
|----------------------------|---|---------------------|---------------------|----------|
| azioni singole da traffico | carico sul rilevato a tergo delle spalle                | 0.80                | 0.50                | 0.00     |
|                            | azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli | 0.80                | 0.50                | 0.00     |
| gruppi di carico           | gr1   | 0.80 <sup>(2)</sup> | 0.80 <sup>(1)</sup> | 0.00     |
|                            | gr2   | 0.80 <sup>(2)</sup> | 0.80 <sup>(1)</sup> | -        |
|                            | gr3   | 0.80 <sup>(2)</sup> | 0.80 <sup>(1)</sup> | 0.00     |
|                            | gr4   | 1.00                | 1.00 <sup>(1)</sup> | 0.00     |
| azioni del vento           | FWk   | 0.60                | 0.50                | 0.00     |
| azioni da neve             | in fase di esecuzione                                   | 0.80                | 0.00                | 0.00     |
|                            | SLU e SLE   | 0.00                | 0.00                | 0.00     |
| azioni termiche            | Tk  | 0.60                | 0.60                | 0.50     |

 Tabella 6 – Tab. 5.2.VI delle NT18 – coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni.

Le azioni impiegate nella definizione delle combinazioni di carico sono riepilogate nella Tabella 7.

| azione   | Load Case Name |
|--|----------------|
| peso proprio   | DEAD           |
| carichi permanenti sulla soletta inferiore   | perm_sol_inf   |
| spinta a riposo del terreno sulla spalla sinistra  | spinta_sx_k0   |
| spinta a riposo del terreno sulla spalla destra  | spinta_dx_k0   |
| incremento di spinta dovuta al treno di carico SW/2 sul piedritto sinistro                           | spinta_SW/2_sx |
| azione verticale dovuta al sovraccarico stradale agente sulla parte sinistra della soletta inferiore | acc_sol_inf_sx |
| azione verticale dovuta al sovraccarico stradale   | acc_sol_inf    |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
 IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 40 di 66 |

|   |                     |
|---|---------------------|
| agente su tutta la soletta inferiore                                      |                     |
| azione sismica orizzontale dovuta al peso proprio e ai carichi permanenti | sisma_H             |
| incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sisma               | sovraspinta_sismica |

Tabella 7 – Riepilogo carichi.

Nelle Tabelle seguenti sono elencate le combinazioni di carico impiegate nelle verifiche.

| combinazioni di carico agli SLU<br>in condizioni statiche |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|
|   | slu1 | slu2 | slu3 | slu4 |
| DEAD  | 1    | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| perm_sol_inf  | 1    | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| spinta_sx_k0  | 1.35 | 1    | 1.35 | 1.35 |
| spinta_dx_k0  | 1    | 1    | 1    | 1.35 |
| spinta_SW/2_sx  | 1.45 | 0    | 1.45 | 0    |
| acc_sol_inf_sx  | 0    | 1.5  | 1.5  | 1.5  |
| acc_sol_inf   | 0    | 0    | 0    | 0    |

Tabella 8 – Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche.

| combinazioni di carico agli SLV |      |      |      |
|---------------------------------|------|------|------|
|                                 | sis1 | sis2 | sis3 |
| DEAD                            | 1    | 1    | 1    |
| perm_sol_inf                    | 1    | 1    | 1    |
| spinta_sx_k0                    | 1    | 1    | 1    |
| spinta_dx_k0                    | 1    | 1    | 1    |
| spinta_SW/2_sx                  | 0    | 0.2  | 0    |
| acc_sol_inf_sx                  | 0    | 0    | 0.2  |
| acc_sol_inf                     | 0    | 0    | 0    |
| sisma_H                         | 1    | 1    | 1    |
| sovraspinta_sismica             | 1    | 1    | 1    |

Tabella 9 – Combinazioni di carico agli SLV.

| combinazioni di carico agli SLE RARA FESSURAZIONE |      |      |
|---|------|------|
|   | fes1 | fes2 |
| DEAD  | 1    | 1    |
| perm_sol_inf                                      | 1    | 1    |
| spinta_sx_k0                                      | 1    | 1    |
| spinta_dx_k0                                      | 1    | 1    |
| spinta_SW/2_sx                                    | 0    | 0.8  |
| acc_sol_inf_sx                                    | 0    | 0    |
| acc_sol_inf                                       | 0    | 0    |

Tabella 10 – Combinazioni di carico agli SLE RARA FESSURAZIONE.

| combinazioni di carico agli SLE RARA TENSIONI |      |      |
|---|------|------|
|   | rar1 | rar2 |
| DEAD  | 1    | 1    |
| perm_sol_inf                                  | 1    | 1    |
| spinta_sx_k0                                  | 1    | 1    |
| spinta_dx_k0                                  | 1    | 1    |
| spinta_SW/2_sx                                | 0    | 1    |
| acc_sol_inf_sx                                | 0    | 0    |
| acc_sol_inf                                   | 0    | 0    |

Tabella 11 – Combinazioni di carico agli SLE RARA TENSIONI.

| combinazioni di carico agli SLE QUASI PERMANENTE |      |
|--|------|
|  | qpe1 |
| DEAD   | 1    |
| perm_sol_inf                                     | 1    |
| spinta_sx_k0                                     | 1    |
| spinta_dx_k0                                     | 1    |
| spinta_SW/2_sx                                   | 0    |
| acc_sol_inf_sx                                   | 0    |
| acc_sol_inf                                      | 0    |

Tabella 12 – Combinazioni di carico agli SLE QUASI PERMANENTE.

## 11. RISULTATI E VERIFICHE

Nelle immagini a seguire si riportano i digrammi di involuppo delle sollecitazioni per gli stati limite ultimi statici e sismici e per gli stati limite d'esercizio.

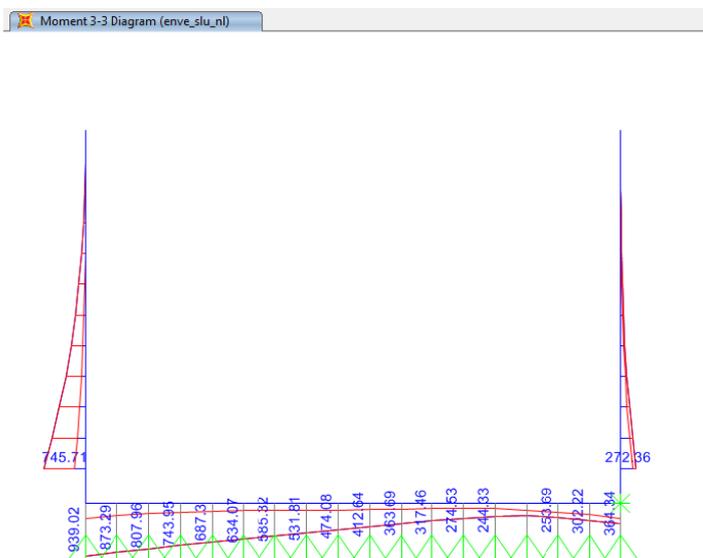


Figura 15 – Momento flettente enve-SLU.

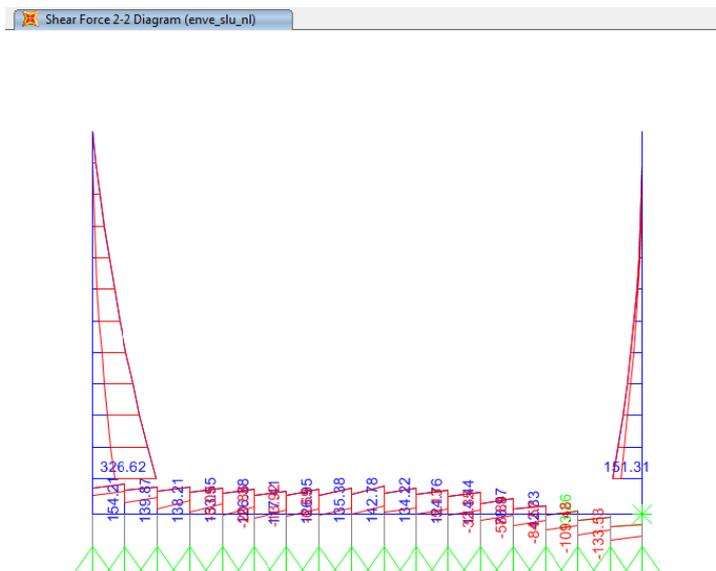


Figura 16 – Taglio enve-SLU.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 43 di 66 |

Moment 3-3 Diagram (enve\_slusis\_nl)

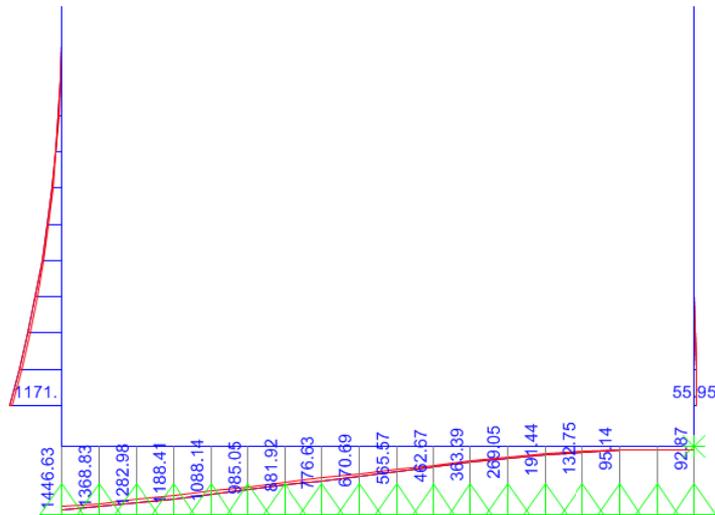


Figura 17 – Momento flettente enve-SLV.

Shear Force 2-2 Diagram (enve\_slusis\_nl)

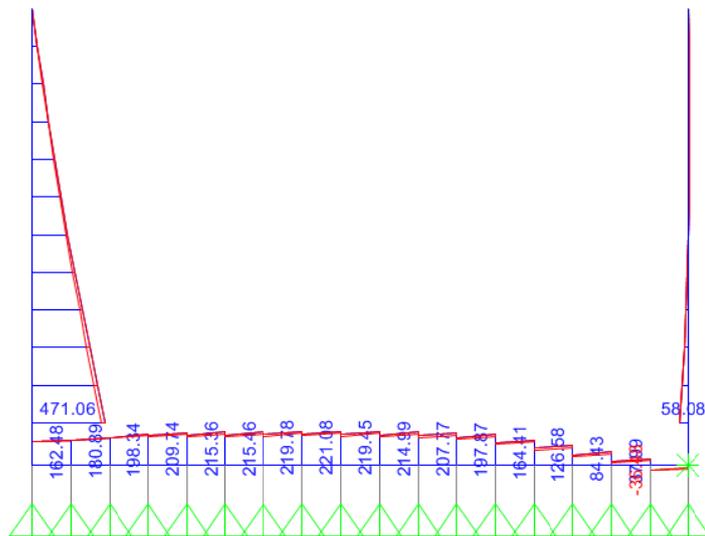


Figura 18 – Taglio enve-SLV.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 44 di 66 |

Moment 3-3 Diagram (enve\_sle\_nl)

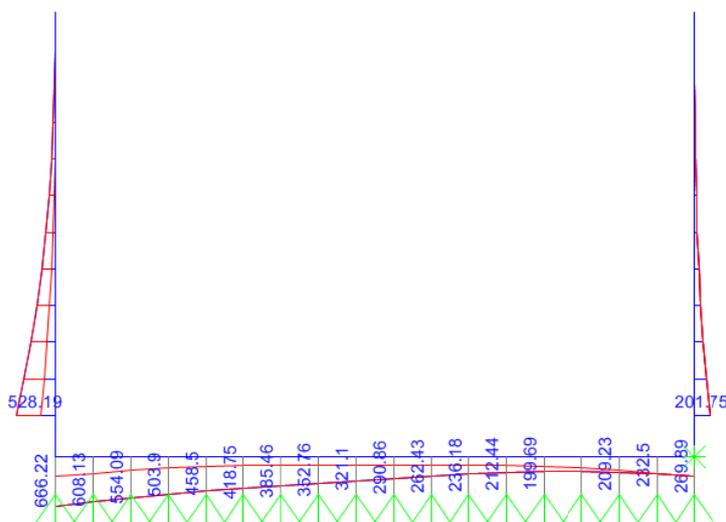


Figura 19 – Momento flettente enve-SLE.

### 11.1 Verifica piedritti

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni massime derivanti dalle analisi utilizzate nelle successive verifiche.

| SLV |     | P              | V2            | M3             | Frame | Station | OutputCase |
|-----|-----|----------------|---------------|----------------|-------|---------|------------|
|     |     | KN             | KN            | KN-m           | Text  | m       | Text       |
| M3  | max | -134.96        | 471.06        | <b>1171.00</b> | 1     | 0.55    | sis2_nl    |
| M3  | min | -61.35         | -1.39         | <b>-11.18</b>  | 2     | 3.50    | sis1_nl    |
| V2  | max | -134.96        | <b>471.06</b> | 1171.00        | 1     | 0.55    | sis2_nl    |
| V2  | min | -36.81         | <b>-6.39</b>  | -6.75          | 2     | 4.48    | sis1_nl    |
| P   | max | <b>0.00</b>    | 0.00          | 0.00           | 2     | 5.95    | sis3_nl    |
| P   | min | <b>-134.96</b> | 446.88        | 1105.71        | 1     | 0.55    | sis1_nl    |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 45 di 66 |

| SLU       |            | P              | V2            | M3            | Frame | Station | OutputCase |
|-----------|------------|----------------|---------------|---------------|-------|---------|------------|
|           |            | KN             | KN            | KN-m          | Text  | m       | Text       |
| <b>M3</b> | <b>max</b> | -134.96        | 326.63        | <b>745.71</b> | 1     | 0.55    | slu1_nl    |
| <b>M3</b> | <b>min</b> | 0.00           | 0.00          | <b>0.00</b>   | 2     | 5.95    | slu1_nl    |
| <b>V2</b> | <b>max</b> | -134.96        | <b>326.63</b> | 745.71        | 1     | 0.55    | slu1_nl    |
| <b>V2</b> | <b>min</b> | 0.00           | <b>0.00</b>   | 0.00          | 1     | 5.95    | slu1_nl    |
| <b>P</b>  | <b>max</b> | <b>0.00</b>    | 0.00          | 0.00          | 2     | 5.95    | slu4_nl    |
| <b>P</b>  | <b>min</b> | <b>-182.20</b> | 112.08        | 201.75        | 1     | 0.55    | slu2_nl    |

| SLE - RARA TENSIONI |            | P              | V2            | M3            | Frame | Station | OutputCase |
|---------------------|------------|----------------|---------------|---------------|-------|---------|------------|
|                     |            | KN             | KN            | KN-m          | Text  | m       | Text       |
| <b>M3</b>           | <b>max</b> | -134.96        | 232.99        | <b>528.19</b> | 1     | 0.55    | rar2_nl    |
| <b>M3</b>           | <b>min</b> | 0.00           | 0.00          | <b>0.00</b>   | 2     | 5.95    | rar2_nl    |
| <b>V2</b>           | <b>max</b> | -134.96        | <b>232.99</b> | 528.19        | 1     | 0.55    | rar2_nl    |
| <b>V2</b>           | <b>min</b> | 0.00           | <b>0.00</b>   | 0.00          | 1     | 5.95    | rar2_nl    |
| <b>P</b>            | <b>max</b> | <b>0.00</b>    | 0.00          | 0.00          | 1     | 5.95    | rar1_nl    |
| <b>P</b>            | <b>min</b> | <b>-134.96</b> | 112.08        | 201.75        | 1     | 0.55    | rar1_nl    |

| SLE - RARA FESSURAZIONE |            | P              | V2            | M3            | Frame | Station | OutputCase |
|-------------------------|------------|----------------|---------------|---------------|-------|---------|------------|
|                         |            | KN             | KN            | KN-m          | Text  | m       | Text       |
| <b>M3</b>               | <b>max</b> | -134.96        | 208.81        | <b>462.91</b> | 1     | 0.55    | fes2_nl    |
| <b>M3</b>               | <b>min</b> | 0.00           | 0.00          | <b>0.00</b>   | 1     | 5.95    | fes2_nl    |
| <b>V2</b>               | <b>max</b> | -134.96        | <b>208.81</b> | 462.91        | 1     | 0.55    | fes2_nl    |
| <b>V2</b>               | <b>min</b> | 0.00           | <b>0.00</b>   | 0.00          | 1     | 5.95    | fes1_nl    |
| <b>P</b>                | <b>max</b> | <b>0.00</b>    | 0.00          | 0.00          | 1     | 5.95    | fes1_nl    |
| <b>P</b>                | <b>min</b> | <b>-134.96</b> | 112.08        | 201.75        | 1     | 0.55    | fes1_nl    |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

|          |       |          |            |      |          |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 46 di 66 |

| SLE - Q.P. TENSIONI |            | P              | V2            | M3            | Frame | Station | OutputCase |
|---------------------|------------|----------------|---------------|---------------|-------|---------|------------|
|                     |            | KN             | KN            | KN-m          | Text  | m       | Text       |
| <b>M3</b>           | <b>max</b> | -134.96        | 112.08        | <b>201.75</b> | 1     | 0.55    | qpe1_nl    |
| <b>M3</b>           | <b>min</b> | 0.00           | 0.00          | <b>0.00</b>   | 1     | 5.95    | qpe1_nl    |
| <b>V2</b>           | <b>max</b> | -134.96        | <b>112.08</b> | 201.75        | 1     | 0.55    | qpe1_nl    |
| <b>V2</b>           | <b>min</b> | 0.00           | <b>0.00</b>   | 0.00          | 1     | 5.95    | qpe1_nl    |
| <b>P</b>            | <b>max</b> | <b>0.00</b>    | 0.00          | 0.00          | 1     | 5.95    | qpe1_nl    |
| <b>P</b>            | <b>min</b> | <b>-134.96</b> | 112.08        | 201.75        | 1     | 0.55    | qpe1_nl    |

### 11.1.1 Verifica in condizioni statiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: pied

(Percorso File: C:\CommesselC16\scatolar\inv06\_rc\_sec\_muro\_U\pied.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Condizioni Ambientali:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Stati Limite Ultimi

N.T.C.

Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica

Rettangolare

A Sforzo Norm. costante

Poco aggressive

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:

C30/37

Resistenza compress. di progetto fcd:

170.00 daN/cm<sup>2</sup>

Resistenza compress. ridotta fcd':

85.00 daN/cm<sup>2</sup>

Deform. unitaria max resistenza ec2:

0.0020

Deformazione unitaria ultima ecu:

0.0035

Diagramma tensioni-deformaz.:

Parabola-Rettangolo

Modulo Elastico Normale Ec:

328360 daN/cm<sup>2</sup>

Resis. media a trazione fctm:

29.00 daN/cm<sup>2</sup>

Coeff.Omogen. S.L.E.:

15.00

Sc limite S.L.E. comb. Rare:

165.00 daN/cm<sup>2</sup>

Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:

165.00 daN/cm<sup>2</sup>

Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:

0.200 mm

Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:

120.00 daN/cm<sup>2</sup>

Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:

0.200 mm

ACCIAIO -

Tipo:

B450C

Resist. caratt. a snervamento fyk:

4500.0 daN/cm<sup>2</sup>

Resist. caratt. a rottura ftk:

4500.0 daN/cm<sup>2</sup>

Resist. a snerv. di progetto fyd:

3913.0 daN/cm<sup>2</sup>

Resist. ultima di progetto ftd:

3913.0 daN/cm<sup>2</sup>

Deform. ultima di progetto Epu:

0.068



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 47 di 66 |

|   |                  |                     |
|---|------------------|---------------------|
| Modulo Elastico Ef:                                 | 2000000          | daN/cm <sup>2</sup> |
| Diagramma tensioni-deformaz.:                       | Bilineare finito |                     |
| Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :   | 1.00             |                     |
| Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 0.50             |                     |
| Comb.Rare - Sf Limite:                              | 3375.0           | daN/cm <sup>2</sup> |

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

|                                |       |                         |
|--------------------------------|-------|-------------------------|
| Base:                          | 100.0 | cm                      |
| Altezza:                       | 100.0 | cm                      |
| Barre inferiori:               | 10Ø26 | (53.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Barre superiori:               | 10Ø26 | (53.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 9.5   | cm                      |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 9.5   | cm                      |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 5.0   | cm                      |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| Vy | Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione   |
| MT | Momento torcente [daN m]  |

| N°Comb. | N     | Mx    | Vy    | MT |
|---------|-------|-------|-------|----|
| 1       | 13496 | 74571 | 32663 | 0  |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |  |
|----|--|
| N  | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)   |
| Mx | Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |

| N°Comb. | N     | Mx    |
|---------|-------|-------|
| 1       | 13496 | 52819 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |  |
|----|--|
| N  | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)   |
| Mx | Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |

| N°Comb. | N     | Mx            |
|---------|-------|---------------|
| 1       | 13496 | 46291 (67185) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |  |
|----|--|
| N  | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)   |
| Mx | Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |

| N°Comb. | N     | Mx            |
|---------|-------|---------------|
| 1       | 13496 | 20175 (72666) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 48 di 66 |

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 7.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

| N°Comb | Ver | N     | Mx    | N rd  | Mx rd  | Mis.Sic. | Yn   | x/d  | C.Rid. | As Tesa     |
|--------|-----|-------|-------|-------|--------|----------|------|------|--------|-------------|
| 1      | S   | 13496 | 74571 | 13495 | 181207 | 2.430    | 88.5 | 0.13 | 0.70   | 53.1 (20.0) |

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max  | Yc max | es min  | Ys min | es max   | Ys max |
|--------|---------|--------|---------|--------|----------|--------|
| 1      | 0.00350 | 100.0  | 0.00060 | 90.5   | -0.02414 | 9.5    |

#### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 12 mm  
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 30.2 cm]  
N.Bracci staffe: 4  
Area staffe/m : 22.6 cm<sup>2</sup>/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm<sup>2</sup>/m]

#### VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata  
Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.  
Vrd Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]  
bw|d Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm<sup>2</sup>/m]

| N°Comb | Ver | Ved   | Vrd   | Vcd    | Vwd   | bw d        | Ctg   | Acw   | ASt  |
|--------|-----|-------|-------|--------|-------|-------------|-------|-------|------|
| 1      | S   | 32663 | 43361 | 348912 | 72091 | 100.0  90.5 | 1.000 | 1.008 | 10.2 |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 49 di 66 |

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | S   | 35.8   | 100.0  | 0.0    | 70.4   | -1105  | 90.5   | 23.5    | 2348    | 53.1    | 9.0     |

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

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

| N°Comb | Ver | e1       | e2      | K2   | Kt   | e sm                | srm | wk           | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1      | S   | -0.00055 | 0.00024 | 0.50 | 0.60 | 0.000286 (0.000286) | 473 | 0.136 (0.20) | 67185   |

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | S   | 14.2   | 100.0  | 0.0    | 65.8   | -352   | 90.5   | 22.0    | 2199    | 53.1    | 9.0     |

## 11.1.2 Verifica in condizioni sismiche

### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: pied\_sis

(Percorso File: C:\Commesse\C16\scatolari\lv06\_rc\_sec\_muro\_U\pied\_sis.sez)

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione:          |  |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze in campo sostanzialmente elastico                         |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.   |
| Tipologia sezione:            | Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica   |
| Forma della sezione:          | Rettagonolare  |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante  |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia  |
| Riferimento alla sismicità:   | Zona non sismica   |
|                               | Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC) |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 50 di 66 |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                               |                                       |                     |                     |
|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO -                | Classe:                               | C30/37              |                     |
|                               | Resistenza compress. di progetto fcd: | 170.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Resistenza compress. ridotta fcd':    | 85.00               | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Deform. unitaria max resistenza ec2:  | 0.0020              |                     |
|                               | Deformazione unitaria ultima ecu:     | 0.0035              |                     |
|                               | Diagramma tensioni-deformaz.:         | Parabola-Rettangolo |                     |
|                               | Modulo Elastico Normale Ec:           | 328360              | daN/cm <sup>2</sup> |
| Resis. media a trazione fctm: | 29.00                                 | daN/cm <sup>2</sup> |                     |
| ACCIAIO -                     | Tipo:                                 | B450C               |                     |
|                               | Resist. caratt. a snervamento fyk:    | 4500.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Resist. caratt. a rottura ftk:        | 4500.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Resist. a snerv. di progetto fyd:     | 3913.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Resist. ultima di progetto ftd:       | 3913.0              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                               | Deform. ultima di progetto Epu:       | 0.068               |                     |
|                               | Modulo Elastico Ef:                   | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
| Diagramma tensioni-deformaz.: | Bilineare finito                      |                     |                     |

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

|                                |       |                         |
|--------------------------------|-------|-------------------------|
| Base:                          | 100.0 | cm                      |
| Altezza:                       | 100.0 | cm                      |
| Barre inferiori:               | 10Ø26 | (53.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Barre superiori:               | 10Ø26 | (53.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 9.5   | cm                      |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 9.5   | cm                      |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 5.0   | cm                      |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| Vy | Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione   |
| MT | Momento torcente [daN m]  |

| N°Comb. | N     | Mx     | Vy    | MT |
|---------|-------|--------|-------|----|
| 1       | 13496 | 117100 | 47106 | 0  |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|  |     |    |
|--|-----|----|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 8.2 | cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 7.4 | cm |
| Copriferro netto minimo staffe:              | 7.0 | cm |

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

|          |  |
|----------|--|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata   |
| N        | Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  |
| Mx       | Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  |
| N Ult    | Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)   |
| Mx re    | Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) e (N,Mx)<br>Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 51 di 66 |

Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

| N°Comb | Ver | N     | Mx     | N re  | Mx re  | Mis.Sic. | Yn   | x/d  | C.Rid. | As Tesa     |
|--------|-----|-------|--------|-------|--------|----------|------|------|--------|-------------|
| 1      | S   | 13496 | 117100 | 13486 | 173981 | 1.486    | 73.0 | 0.30 | 0.81   | 53.1 (20.0) |

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max  | Yc max | es min  | Ys min | es max   | Ys max |
|--------|---------|--------|---------|--------|----------|--------|
| 1      | 0.00083 | 100.0  | 0.00054 | 90.5   | -0.00196 | 9.5    |

### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 12 mm  
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 30.2 cm]  
N.Bracci staffe: 4  
Area staffe/m : 22.6 cm<sup>2</sup>/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm<sup>2</sup>/m]

### VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata  
Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.  
Vrd Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]  
bw|d Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm<sup>2</sup>/m]

| N°Comb | Ver | Ved   | Vrd   | Vcd    | Vwd   | bw d       | Ctg   | Acw   | AST  |
|--------|-----|-------|-------|--------|-------|------------|-------|-------|------|
| 1      | S   | 47106 | 43361 | 348912 | 72091 | 100.0 90.5 | 1.000 | 1.008 | 14.8 |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 52 di 66 |

## 11.2 Verifica soletta inferiore

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni massime derivanti dalle analisi utilizzate nelle successive verifiche.

| SLV |     | P              | V2            | M3             | Frame | Station | OutputCase |
|-----|-----|----------------|---------------|----------------|-------|---------|------------|
|     |     | KN             | KN            | KN-m           | Text  | m       | Text       |
| M3  | max | -560.40        | 162.49        | <b>1368.83</b> | 5     | 0.00    | sis2_nl    |
| M3  | min | -531.30        | 30.19         | <b>78.07</b>   | 19    | 0.50    | sis3_nl    |
| V2  | max | -560.40        | <b>221.08</b> | 670.69         | 11    | 0.50    | sis2_nl    |
| V2  | min | -531.30        | <b>11.79</b>  | 88.56          | 19    | 0.00    | sis3_nl    |
| P   | max | <b>-531.30</b> | 162.49        | 1289.56        | 5     | 0.00    | sis1_nl    |
| P   | min | <b>-560.40</b> | 162.49        | 1368.83        | 5     | 0.00    | sis2_nl    |

| SLU |     | P              | V2             | M3            | Frame | Station | OutputCase |
|-----|-----|----------------|----------------|---------------|-------|---------|------------|
|     |     | KN             | KN             | KN-m          | Text  | m       | Text       |
| M3  | max | -430.25        | 121.47         | <b>873.29</b> | 5     | 0.00    | slu1_nl    |
| M3  | min | -162.40        | 20.31          | <b>92.26</b>  | 15    | 0.50    | slu2_nl    |
| V2  | max | -430.25        | <b>142.78</b>  | 412.64        | 12    | 0.50    | slu3_nl    |
| V2  | min | -219.24        | <b>-109.48</b> | 253.69        | 19    | 0.00    | slu4_nl    |
| P   | max | <b>-162.40</b> | 59.60          | 216.18        | 5     | 0.00    | slu2_nl    |
| P   | min | <b>-430.25</b> | 121.47         | 873.29        | 5     | 0.00    | slu1_nl    |

| SLE - RARA TENSIONI |     | P              | V2            | M3            | Frame | Station | OutputCase |
|---------------------|-----|----------------|---------------|---------------|-------|---------|------------|
|                     |     | KN             | KN            | KN-m          | Text  | m       | Text       |
| M3                  | max | -307.93        | 98.90         | <b>608.13</b> | 5     | 0.00    | rar2_nl    |
| M3                  | min | -162.40        | 11.98         | <b>113.94</b> | 11    | 0.50    | rar1_nl    |
| V2                  | max | -307.93        | <b>117.29</b> | 554.09        | 5     | 0.50    | rar2_nl    |
| V2                  | min | -162.40        | <b>-84.49</b> | 185.27        | 19    | 0.00    | rar1_nl    |
| P                   | max | <b>-162.40</b> | 66.10         | 222.92        | 5     | 0.00    | rar1_nl    |
| P                   | min | <b>-307.93</b> | 98.90         | 608.13        | 5     | 0.00    | rar2_nl    |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

|          |       |          |            |      |          |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 53 di 66 |

| SLE - RARA FESSURAZIONE |     | P              | V2            | M3            | Frame | Station | OutputCase |
|-------------------------|-----|----------------|---------------|---------------|-------|---------|------------|
|                         |     | KN             | KN            | KN-m          | Text  | m       | Text       |
| M3                      | max | -278.82        | 92.34         | <b>531.09</b> | 5     | 0.00    | fes2_nl    |
| M3                      | min | -162.40        | 11.98         | <b>113.94</b> | 11    | 0.50    | fes1_nl    |
| V2                      | max | -278.82        | <b>110.73</b> | 480.32        | 5     | 0.50    | fes2_nl    |
| V2                      | min | -162.40        | <b>-84.49</b> | 185.27        | 19    | 0.00    | fes1_nl    |
| P                       | max | <b>-162.40</b> | 66.10         | 222.92        | 5     | 0.00    | fes1_nl    |
| P                       | min | <b>-278.82</b> | 92.34         | 531.09        | 5     | 0.00    | fes2_nl    |

| SLE - Q.P. TENSIONI |     | P              | V2            | M3            | Frame | Station | OutputCase |
|---------------------|-----|----------------|---------------|---------------|-------|---------|------------|
|                     |     | KN             | KN            | KN-m          | Text  | m       | Text       |
| M3                  | max | -162.40        | 66.10         | <b>222.92</b> | 5     | 0.00    | qpe1_nl    |
| M3                  | min | -162.40        | 11.98         | <b>113.94</b> | 11    | 0.50    | qpe1_nl    |
| V2                  | max | -162.40        | <b>84.49</b>  | 185.27        | 5     | 0.50    | qpe1_nl    |
| V2                  | min | -162.40        | <b>-84.49</b> | 185.27        | 19    | 0.00    | qpe1_nl    |
| P                   | max | <b>-162.40</b> | 66.10         | 222.92        | 5     | 0.00    | qpe1_nl    |
| P                   | min | <b>-162.40</b> | 49.57         | 185.27        | 6     | 0.00    | qpe1_nl    |

### 11.2.1 Verifica in condizioni statiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol\_inf

(Percorso File: C:\Commesse\C16\scatolar\inv06\_rc\_sec\_muro\_U\sol\_inf.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Condizioni Ambientali:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Stati Limite Ultimi

N.T.C.

Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica

Rettangolare

A Sforzo Norm. costante

Poco aggressive

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:

Resistenza compress. di progetto fcd:

Resistenza compress. ridotta fcd':

Deform. unitaria max resistenza ec2:

Deformazione unitaria ultima ecu:

C30/37

170.00 daN/cm<sup>2</sup>

85.00 daN/cm<sup>2</sup>

0.0020

0.0035



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 54 di 66 |

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Diagramma tensioni-deformaz.:             | Parabola-Rettangolo        |
| Modulo Elastico Normale Ec:               | 328360 daN/cm <sup>2</sup> |
| Resis. media a trazione fctm:             | 29.00 daN/cm <sup>2</sup>  |
| Coeff.Omogen. S.L.E.:                     | 15.00                      |
| Sc limite S.L.E. comb. Rare:              | 165.00 daN/cm <sup>2</sup> |
| Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:         | 165.00 daN/cm <sup>2</sup> |
| Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.200 mm                   |
| Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:      | 120.00 daN/cm <sup>2</sup> |
| Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:      | 0.200 mm                   |

|           |                                    |                             |
|-----------|------------------------------------|-----------------------------|
| ACCIAIO - | Tipo:                              | B450C                       |
|           | Resist. caratt. a snervamento fyk: | 4500.0 daN/cm <sup>2</sup>  |
|           | Resist. caratt. a rottura ftk:     | 4500.0 daN/cm <sup>2</sup>  |
|           | Resist. a snerv. di progetto fyd:  | 3913.0 daN/cm <sup>2</sup>  |
|           | Resist. ultima di progetto ftd:    | 3913.0 daN/cm <sup>2</sup>  |
|           | Deform. ultima di progetto Epu:    | 0.068                       |
|           | Modulo Elastico Ef:                | 2000000 daN/cm <sup>2</sup> |
|           | Diagramma tensioni-deformaz.:      | Bilineare finito            |
|           | Coeff. Aderenza istant. β1*β2:     | 1.00                        |
|           | Coeff. Aderenza differito β1*β2:   | 0.50                        |
|           | Comb.Rare - Sf Limite:             | 3375.0 daN/cm <sup>2</sup>  |

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

|                                |       |                         |
|--------------------------------|-------|-------------------------|
| Base:                          | 100.0 | cm                      |
| Altezza:                       | 110.0 | cm                      |
| Barre inferiori:               | 10Ø26 | (53.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Barre superiori:               | 10Ø26 | (53.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 9.5   | cm                      |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 9.5   | cm                      |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 5.0   | cm                      |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| Vy | Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione   |
| MT | Momento torcente [daN m]  |

| N°Comb. | N     | Mx    | Vy     | MT |
|---------|-------|-------|--------|----|
| 1       | 43025 | 87329 | 12147  | 0  |
| 2       | 16240 | 9226  | 2031   | 0  |
| 3       | 43025 | 41264 | 14278  | 0  |
| 4       | 21924 | 25369 | -10948 | 0  |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |  |
|----|--|
| N  | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)   |
| Mx | Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |

| N°Comb. | N     | Mx    |
|---------|-------|-------|
| 1       | 30793 | 60813 |
| 2       | 16240 | 11394 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 55 di 66 |

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N     | Mx             |
|---------|-------|----------------|
| 1       | 27882 | 53109 (85158)  |
| 2       | 16240 | 11394 (107787) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N     | Mx             |
|---------|-------|----------------|
| 1       | 16240 | 22292 (89401)  |
| 2       | 16240 | 11394 (107787) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 7.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

| N°Comb | Ver | N     | Mx    | N rd  | Mx rd  | Mis.Sic. | Yn   | x/d  | C.Rid. | As Tesa     |
|--------|-----|-------|-------|-------|--------|----------|------|------|--------|-------------|
| 1      | S   | 43025 | 87329 | 43008 | 216052 | 2.474    | 97.8 | 0.12 | 0.70   | 53.1 (22.0) |
| 2      | S   | 16240 | 9226  | 16231 | 203901 | 22.101   | 98.5 | 0.11 | 0.70   | 53.1 (22.0) |
| 3      | S   | 43025 | 41264 | 43008 | 216052 | 5.236    | 97.8 | 0.12 | 0.70   | 53.1 (22.0) |
| 4      | S   | 21924 | 25369 | 21920 | 206488 | 8.139    | 98.3 | 0.12 | 0.70   | 53.1 (22.0) |

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 56 di 66 |

|   |         |       |         |       |          |     |
|---|---------|-------|---------|-------|----------|-----|
| 1 | 0.00350 | 110.0 | 0.00078 | 100.5 | -0.02529 | 9.5 |
| 2 | 0.00350 | 110.0 | 0.00062 | 100.5 | -0.02702 | 9.5 |
| 3 | 0.00350 | 110.0 | 0.00078 | 100.5 | -0.02529 | 9.5 |
| 4 | 0.00350 | 110.0 | 0.00065 | 100.5 | -0.02664 | 9.5 |

#### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

|                  |      |                    |  |
|------------------|------|--------------------|--|
| Diametro staffe: | 12   | mm                 |  |
| Passo staffe:    | 20.0 | cm                 | [Passo massimo di normativa = 30.2 cm]             |
| N.Bracci staffe: | 4    |                    |  |
| Area staffe/m :  | 22.6 | cm <sup>2</sup> /m | [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm <sup>2</sup> /m] |

#### VERIFICHE A TAGLIO

|      |  |
|------|--|
| Ver  | S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata                               |
| Ved  | Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.   |
| Vrd  | Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]                         |
| Vcd  | Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]               |
| Vwd  | Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]              |
| bw d | Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro   Altezza utile sezione |
| Ctg  | Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato                         |
| Acw  | Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione                       |
| Ast  | Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm <sup>2</sup> /m]       |

| N°Comb | Ver | Ved    | Vrd   | Vcd    | Vwd         | bw d  | Ctg   | Acw   | Ast |
|--------|-----|--------|-------|--------|-------------|-------|-------|-------|-----|
| 1      | S   | 12147  | 49703 | 393258 | 80057 100.0 | 100.5 | 1.000 | 1.023 | 3.4 |
| 2      | S   | 2031   | 46033 | 387752 | 80057 100.0 | 100.5 | 1.000 | 1.009 | 0.6 |
| 3      | S   | 14278  | 49703 | 393258 | 80057 100.0 | 100.5 | 1.000 | 1.023 | 4.0 |
| 4      | S   | -10948 | 46812 | 388920 | 80057 100.0 | 100.5 | 1.000 | 1.012 | 3.1 |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | S   | 35.8   | 110.0  | 0.0    | 74.8   | -998   | 100.5  | 23.8    | 2375    | 53.1    | 9.0     |
| 2      | S   | 7.0    | 110.0  | 0.0    | 60.2   | -108   | 100.5  | 20.1    | 2013    | 53.1    | 9.0     |

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

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 57 di 66 |

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

| N°Comb | Ver | e1       | e2      | K2   | Kt   | e sm                | srm | wk           | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1      | S   | -0.00049 | 0.00023 | 0.50 | 0.60 | 0.000259 (0.000259) | 477 | 0.123 (0.20) | 85158   |
| 2      | S   | -0.00006 | 0.00005 | 0.50 | 0.60 | 0.000032 (0.000032) | 446 | 0.015 (0.20) | 107787  |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | S   | 13.4   | 110.0  | 0.0    | 71.5   | -326   | 100.5  | 23.8    | 2375    | 53.1    | 9.0     |
| 2      | S   | 7.0    | 110.0  | 0.0    | 60.2   | -108   | 100.5  | 20.1    | 2013    | 53.1    | 9.0     |

### 11.2.2 Verifica in condizioni sismiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol\_inf\_sisma

(Percorso File: C:\Commesse\C16\scatolari\inv06\_rc\_sec\_muro\_U\sol\_inf\_sisma.sez)

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione:          |  |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze in campo sostanzialmente elastico                         |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.   |
| Tipologia sezione:            | Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica   |
| Forma della sezione:          | Rettagolare  |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante  |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia  |
| Riferimento alla sismicità:   | Zona non sismica   |
|                               | Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC) |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                               |                                       |                             |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| CALCESTRUZZO -                | Classe:                               | C30/37                      |
|                               | Resistenza compress. di progetto fcd: | 170.00 daN/cm <sup>2</sup>  |
|                               | Resistenza compress. ridotta fcd':    | 85.00 daN/cm <sup>2</sup>   |
|                               | Deform. unitaria max resistenza ec2:  | 0.0020                      |
|                               | Deformazione unitaria ultima ecu:     | 0.0035                      |
|                               | Diagramma tensioni-deformaz.:         | Parabola-Rettangolo         |
|                               | Modulo Elastico Normale Ec:           | 328360 daN/cm <sup>2</sup>  |
| Resis. media a trazione fctm: | 29.00 daN/cm <sup>2</sup>             |                             |
| ACCIAIO -                     | Tipo:                                 | B450C                       |
|                               | Resist. caratt. a snervamento fyk:    | 4500.0 daN/cm <sup>2</sup>  |
|                               | Resist. caratt. a rottura ftk:        | 4500.0 daN/cm <sup>2</sup>  |
|                               | Resist. a snerv. di progetto fyd:     | 3913.0 daN/cm <sup>2</sup>  |
|                               | Resist. ultima di progetto ftd:       | 3913.0 daN/cm <sup>2</sup>  |
|                               | Deform. ultima di progetto Epu:       | 0.068                       |
|                               | Modulo Elastico Ef:                   | 2000000 daN/cm <sup>2</sup> |
| Diagramma tensioni-deformaz.: | Bilineare finito                      |                             |

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

|                  |       |                         |
|------------------|-------|-------------------------|
| Base:            | 100.0 | cm                      |
| Altezza:         | 110.0 | cm                      |
| Barre inferiori: | 10Ø26 | (53.1 cm <sup>2</sup> ) |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 58 di 66 |

|                                |       |                         |
|--------------------------------|-------|-------------------------|
| Barre superiori:               | 10Ø26 | (53.1 cm <sup>2</sup> ) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 9.5   | cm                      |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 9.5   | cm                      |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 5.0   | cm                      |

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |   |
|----|---|
| N  | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| Vy | Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione   |
| MT | Momento torcente [daN m]  |

| N°Comb. | N     | Mx     | Vy    | MT |
|---------|-------|--------|-------|----|
| 1       | 56040 | 136883 | 16249 | 0  |
| 2       | 53130 | 7807   | 3019  | 0  |
| 3       | 56040 | 67069  | 22108 | 0  |
| 4       | 53130 | 8856   | 1179  | 0  |

### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|  |     |    |
|--|-----|----|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 8.2 | cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 7.4 | cm |
| Copriferro netto minimo staffe:              | 7.0 | cm |

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

|          |  |
|----------|--|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata   |
| N        | Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  |
| Mx       | Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  |
| N Ult    | Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)   |
| Mx re    | Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) e (N,Mx)<br>Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| Yn       | Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.                                  |
| x/d      | Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo                         |
| C.Rid.   | Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]  |
| As Tesa  | Area armature long. trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)                  |

| N°Comb | Ver | N     | Mx     | N re  | Mx re  | Mis.Sic. | Yn   | x/d  | C.Rid. | As Tesa     |
|--------|-----|-------|--------|-------|--------|----------|------|------|--------|-------------|
| 1      | S   | 56040 | 136883 | 56014 | 211885 | 1.548    | 78.8 | 0.31 | 0.83   | 53.1 (22.0) |
| 2      | S   | 53130 | 7807   | 53158 | 210731 | 26.993   | 79.0 | 0.31 | 0.83   | 53.1 (22.0) |
| 3      | S   | 56040 | 67069  | 56014 | 211885 | 3.159    | 78.8 | 0.31 | 0.83   | 53.1 (22.0) |
| 4      | S   | 53130 | 8856   | 53158 | 210731 | 23.795   | 79.0 | 0.31 | 0.83   | 53.1 (22.0) |

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

|        |  |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione                  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)       |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 59 di 66 |

|   |         |       |         |       |          |     |
|---|---------|-------|---------|-------|----------|-----|
| 1 | 0.00088 | 110.0 | 0.00061 | 100.5 | -0.00196 | 9.5 |
| 2 | 0.00087 | 110.0 | 0.00061 | 100.5 | -0.00196 | 9.5 |
| 3 | 0.00088 | 110.0 | 0.00061 | 100.5 | -0.00196 | 9.5 |
| 4 | 0.00087 | 110.0 | 0.00061 | 100.5 | -0.00196 | 9.5 |

#### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

|                  |      |                    |  |
|------------------|------|--------------------|--|
| Diametro staffe: | 12   | mm                 |  |
| Passo staffe:    | 20.0 | cm                 | [Passo massimo di normativa = 30.2 cm]             |
| N.Bracci staffe: | 4    |                    |  |
| Area staffe/m :  | 22.6 | cm <sup>2</sup> /m | [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm <sup>2</sup> /m] |

#### VERIFICHE A TAGLIO

|      |  |
|------|--|
| Ver  | S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata                               |
| Ved  | Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.   |
| Vrd  | Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]                         |
| Vcd  | Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]               |
| Vwd  | Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]              |
| bw d | Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro   Altezza utile sezione |
| Ctg  | Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato                         |
| Acw  | Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione                       |
| Ast  | Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm <sup>2</sup> /m]       |

| N°Comb | Ver | Ved   | Vrd   | Vcd    | Vwd   | bw d        | Ctg   | Acw   | ASt |
|--------|-----|-------|-------|--------|-------|-------------|-------|-------|-----|
| 1      | S   | 16249 | 51487 | 395934 | 80057 | 100.0 100.5 | 1.000 | 1.030 | 4.6 |
| 2      | S   | 3019  | 51088 | 395335 | 80057 | 100.0 100.5 | 1.000 | 1.028 | 0.9 |
| 3      | S   | 22108 | 51487 | 395934 | 80057 | 100.0 100.5 | 1.000 | 1.030 | 6.2 |
| 4      | S   | 1179  | 51088 | 395335 | 80057 | 100.0 100.5 | 1.000 | 1.028 | 0.3 |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 60 di 66 |

## 11.3 Verifiche geotecniche

### 11.3.1 Verifica a carico limite della fondazione

La verifica a carico limite della fondazione è condotta con l'approccio 2 (A1+M1+R3) e quindi le azioni sono amplificate per i coefficienti A1 (1.5 sia per i permanenti che per i variabili) i coefficienti parziali dei parametri geotecnici sono M1 (tutti pari a 1) ed i coefficienti da applicare alle resistenze caratteristiche sono R3 (2.3).

| TABLE: Base Reactions |           |          |          |          |          |            |
|-----------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| OutputCase            | CaseType  | GlobalFX | GlobalFY | GlobalFZ | GlobalMX | GlobalMY   |
| Text                  | Text      | KN       | KN       | KN       | KN-m     | KN-m       |
| slu1_nl               | NonStatic | -294.178 | 0        | 600.843  | 0        | -669.1397  |
| slu2_nl               | NonStatic | -26.32   | 0        | 916.138  | 0        | 157.5      |
| slu3_nl               | NonStatic | -294.178 | 0        | 916.138  | 0        | -511.6397  |
| slu4_nl               | NonStatic | -35.532  | 0        | 916.138  | 0        | 157.5      |
| sis1_nl               | NonStatic | -454.72  | 0        | 600.882  | 0        | -1274.3296 |
| sis2_nl               | NonStatic | -483.826 | 0        | 600.885  | 0        | -1353.5857 |
| sis3_nl               | NonStatic | -454.72  | 0        | 614.866  | 0        | -1253.3924 |

Il valore massimo è pari a 916 kN.

**Fondazioni Dirette**  
**Verifica in tensioni efficaci**

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

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

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

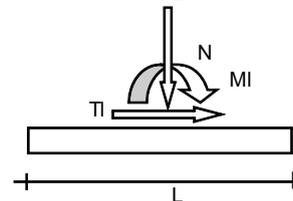
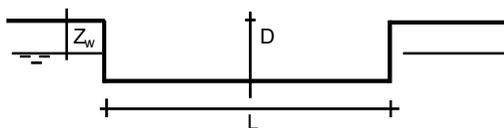
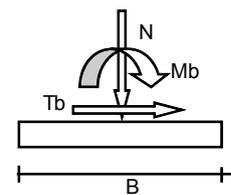
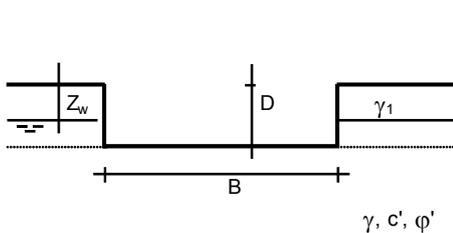
$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_B$ )

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

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

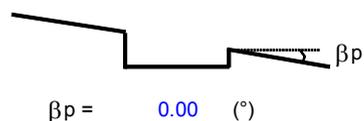
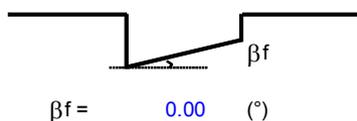
**coefficienti parziali**

| Metodo di calcolo        |                                     | azioni                   |                      | proprietà del terreno |      | resistenze |       |      |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|------|------------|-------|------|
|                          |                                     | permanenti               | temporanee variabili | $\tan \varphi'$       | $c'$ | $q_{lim}$  | scorr |      |
| Stato Limite Ultimo      | A1+M1+R1                            | <input type="checkbox"/> | 1.30                 | 1.50                  | 1.00 | 1.00       | 1.00  | 1.00 |
|                          | A2+M2+R2                            | <input type="checkbox"/> | 1.00                 | 1.30                  | 1.25 | 1.25       | 1.80  | 1.00 |
|                          | SISMA                               | <input type="checkbox"/> | 1.00                 | 1.00                  | 1.25 | 1.25       | 1.80  | 1.00 |
|                          | A1+M1+R3                            | <input type="checkbox"/> | 1.30                 | 1.50                  | 1.00 | 1.00       | 2.30  | 1.10 |
|                          | SISMA                               | <input type="checkbox"/> | 1.00                 | 1.00                  | 1.00 | 1.00       | 2.30  | 1.10 |
| Tensioni Ammissibili     | <input type="checkbox"/>            | 1.00                     | 1.00                 | 1.00                  | 1.00 | 3.00       | 3.00  |      |
| Definiti dal Progettista | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00                     | 1.00                 | 1.00                  | 1.00 | 2.30       | 1.10  |      |



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 9.50 (m)  
L = 1.00 (m)  
D = 1.52 (m)





DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 62 di 66 |

### AZIONI

|          | valori di input |            | Valori di calcolo |
|----------|-----------------|------------|-------------------|
|          | permanenti      | temporanee |                   |
| N [kN]   | 916.00          |            | 916.00            |
| Mb [kNm] | 0.00            |            | 0.00              |
| MI [kNm] | -512.00         |            | -512.00           |
| Tb [kN]  | 0.00            |            | 0.00              |
| TI [kN]  | 294.00          |            | 294.00            |
| H [kN]   | 294.00          | 0.00       | 294.00            |

#### Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

#### Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 5.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 30.00 \quad (^\circ)$$

#### Valori di progetto

$$c' = 5.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 30.00 \quad (^\circ)$$

#### Profondità della falda

$$Z_w = 6.80 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$e_L = -0.56 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 9.50 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 2.12 \quad (\text{m})$$

#### q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 28.88 \quad (\text{kN/mq})$$

#### γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 13.56 \quad (\text{kN/mc})$$

#### Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg} \varphi')}$$

$$N_q = 18.40$$

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

$$N_c = 30.14$$

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

$$N_\gamma = 22.40$$

**s<sub>c</sub>, s<sub>q</sub>, s<sub>γ</sub> : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L^* N_c)$$

$$s_c = 1.14$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan(\varphi') / L^*$$

$$s_q = 1.13$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.91$$

**i<sub>c</sub>, i<sub>q</sub>, i<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.82 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.18 \quad m = 1.18 \quad (-)$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e m=(m<sub>b</sub>sin<sup>2</sup>θ+m<sub>l</sub>cos<sup>2</sup>θ) in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H/(N + B^* L^* c' \cotg(\varphi')))^m$$

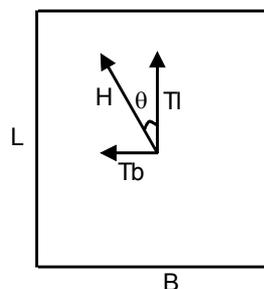
$$i_q = 0.69$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$$

$$i_c = 0.67$$

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

$$i_\gamma = 0.50$$



**d<sub>c</sub>, d<sub>q</sub>, d<sub>γ</sub> : fattori di profondità del piano di appoggio**

per D/B\* ≤ 1; d<sub>q</sub> = 1 + 2 D tan(φ') (1 - sen(φ'))<sup>2</sup> / B\*

per D/B\* > 1; d<sub>q</sub> = 1 + (2 tan(φ') (1 - sen(φ'))<sup>2</sup>) \* arctan(D / B\*)

$$d_q = 1.21$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$d_c = 1.22$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 64 di 66 |

**$b_c$ ,  $b_q$ ,  $b_\gamma$  : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\varphi')^2 \qquad \beta_f + \beta_p = \qquad 0.00 \qquad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = \qquad 1.00$$

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

$$b_c = \qquad 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = \qquad 1.00$$

**$g_c$ ,  $g_q$ ,  $g_\gamma$  : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \qquad \beta_f + \beta_p = \qquad 0.00 \qquad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = \qquad 1.00$$

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

$$g_c = \qquad 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = \qquad 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = \qquad 787.18 \qquad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

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

$$q = \qquad 45.53 \qquad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacit  portante**

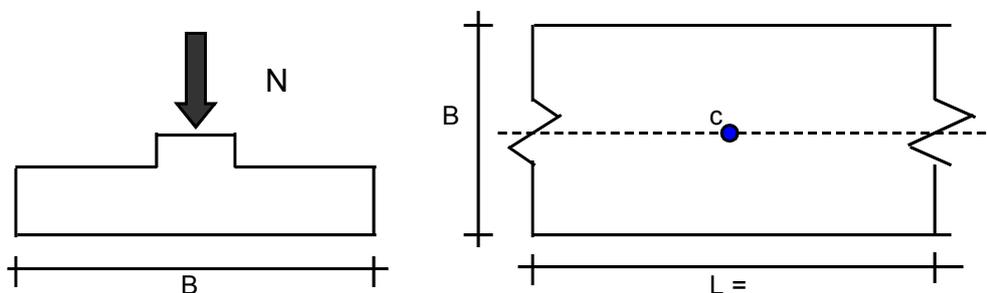
$$q_{lim} / \gamma_R = \qquad 342.25 \qquad \geq \qquad q = \qquad 45.53 \qquad (\text{kN/m}^2)$$

### 11.3.2 Calcolo dei cedimenti

Di seguito si riportano i valori massimi delle reazioni alla base del muro allo stato limite di esercizio, ovvero considerando solo quelle derivanti dalle combinazioni rara, frequente e quasi permanente.

| TABLE: Base Reactions |           |          |          |          |          |           |
|-----------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| OutputCase            | CaseType  | GlobalFX | GlobalFY | GlobalFZ | GlobalMX | GlobalMY  |
| Text                  | Text      | KN       | KN       | KN       | KN-m     | KN-m      |
| fes1_nl               | NonStatic | -26.32   | 0        | 600.843  | 0        | 0         |
| fes2_nl               | NonStatic | -142.744 | 0        | 600.843  | 0        | -317.0648 |
| rar1_nl               | NonStatic | -26.32   | 0        | 600.843  | 0        | 0         |
| rar2_nl               | NonStatic | -171.85  | 0        | 600.843  | 0        | -396.331  |
| qpe1_nl               | NonStatic | -26.32   | 0        | 600.843  | 0        | 0         |

Il valore massimo è pari a 601 kN.



#### Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$$\Delta\sigma_z i = (2q/\pi) * (\alpha + \text{sen}\alpha \cos\alpha)$$

$$\Delta\sigma_x i = (2q/\pi) * (\alpha - \text{sen}\alpha \cos\alpha)$$

$$\Delta\sigma_y i = (4q/\pi) * (v\alpha)$$

$$\alpha = \tan^{-1}((B/2)/z)$$

$$\delta_{\text{tot}} = \sum \delta_i = \sum (((\Delta\sigma_z i - v_i(\Delta\sigma_x i + \Delta\sigma_y i)) \Delta z_i / E_i)$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI  
IMBOCCO SL03

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| RS3H     | 02    | CL       | SL0300 002 | A    | 66 di 66 |

**DATI DI INPUT:**

B = 9.50 (m) (Larghezza della Fondazione)

N = 601.00 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 63.26 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/B))

ns = 1 (-) (numero strati) (massimo 6)

| Strato | Litologia | Spessore | da $z_i$ | a $z_{i+1}$ | $\Delta z_i$ | E                    | $\nu$ | $\delta_{ci}$ |
|--------|-----------|----------|----------|-------------|--------------|----------------------|-------|---------------|
| (-)    | (-)       | (m)      | (m)      | (m)         | (m)          | (kN/m <sup>2</sup> ) | (-)   | (cm)          |
| 1      | U1        | 3.50     | 0.0      | 3.5         | 1.0          | 30000                | 0.30  | 0.41          |
| -      |           | 0.00     | 0.0      | 0.0         | 1.0          | 0                    | 0.30  | -             |
| -      |           | 0.00     | 0.0      | 0.0         | 1.0          | 0                    | 0.30  | -             |
| -      |           | 0.00     | 0.0      | 0.0         | 1.0          | 0                    | 0.30  | -             |
| -      |           | 0.00     | 0.0      | 0.0         | 1.0          | 0                    | 0.00  | -             |
| -      |           | 0.00     | 0.0      | 0.0         | 1.0          | 0                    | 0.00  | -             |

$\delta_{ctot} = 0.41$  (cm)