

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

Opere di sostegno viabilità - Lotto 3b

NV65: Muro di sostegno su pali MU88C

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 78 CL MU88C0 002 A

| Rev. | Descrizione         | Redatto                         | Data     | Verificato                             | Data     | Approvato                    | Data     | Autorizzato Data      |
|------|---------------------|---------------------------------|----------|----------------------------------------|----------|------------------------------|----------|-----------------------|
| A    | Emissione Esecutiva | ATI Sintagma<br>Rocksoil - Edin | Mar-2021 | A.Di Costanzo<br><i>A. Di Costanzo</i> | Mar-2021 | A.Barreca<br><i>A. Barra</i> | Mar-2021 | D.Tiberti<br>Mar-2021 |
|      |                     |                                 |          |                                        |          |                              |          |                       |
|      |                     |                                 |          |                                        |          |                              |          |                       |
|      |                     |                                 |          |                                        |          |                              |          |                       |
|      |                     |                                 |          |                                        |          |                              |          |                       |
|      |                     |                                 |          |                                        |          |                              |          |                       |
|      |                     |                                 |          |                                        |          |                              |          |                       |

ITALFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Direzione Generale  
UO Infrastrutture Sud  
Dott. Ing. Daniele Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 18076

File: RS3T.3.0.D.78.CL.MU.88.C.0.002.A

n. Elab.: 78\_509\_21\_2

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                   |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                                   | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>1 di 62 |

## INDICE

|       |                                                                           |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | PREMESSA.....                                                             | 3  |
| 1.1   | DESCRIZIONE DELL'OPERA.....                                               | 3  |
| 2     | NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....                                             | 5  |
| 3     | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....                                            | 5  |
| 4     | UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA .....                                        | 6  |
| 5     | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....                                        | 7  |
| 5.1   | CALCESTRUZZO.....                                                         | 7  |
| 5.2   | ACCIAIO IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450C .....                       | 9  |
| 6     | INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....                                             | 10 |
| 7     | VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....                                      | 12 |
| 7.1   | VITA NOMINALE .....                                                       | 12 |
| 7.2   | CLASSE D'USO.....                                                         | 12 |
| 7.3   | PERIODO DI RIFERIMENTO .....                                              | 12 |
| 7.4   | PARAMETRI SISMICI.....                                                    | 12 |
| 8     | CRITERI DI VERIFICA PARATIE .....                                         | 16 |
| 8.1   | OPERE DI SOSTEGNO.....                                                    | 16 |
| 8.1.1 | Azioni .....                                                              | 16 |
| 8.1.2 | Approcci progettuali e metodi di verifica.....                            | 16 |
| 8.1.3 | Stabilità globale .....                                                   | 18 |
| 8.2   | VERIFICHE STRUTTURALI SLU.....                                            | 19 |
| 8.2.1 | CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A. ....                            | 19 |
| 8.2.2 | VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE - PRESSOFLESSIONE ..... | 19 |
| 8.2.3 | VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO .....                          | 19 |
| 8.3   | VERIFICHE STRUTTURALI SLE .....                                           | 20 |

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                   |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                                   | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>2 di 62 |

|        |                                                        |    |
|--------|--------------------------------------------------------|----|
| 8.3.1  | VERIFICHE ALLE TENSIONI.....                           | 20 |
| 8.3.2  | VERIFICHE A FESSURAZIONE.....                          | 22 |
| 8.4    | VERIFICHE STRUTTURALI - URTO.....                      | 23 |
| 9      | COMBINAZIONI DI CARICO .....                           | 24 |
| 10     | VERIFICA DELLE OPERE.....                              | 26 |
| 10.1   | FASI DI CALCOLO.....                                   | 27 |
| 10.2   | RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE.....               | 32 |
| 10.1   | VERIFICHE GEOTECNICHE VERIFICHE SLE .....              | 37 |
| 10.1.1 | Stabilità globale .....                                | 38 |
| 10.2   | VERIFICHE STRUTTURALI .....                            | 39 |
| 10.2.1 | Verifica a taglio – condizioni statiche.....           | 40 |
| 10.2.2 | Verifica a taglio – condizioni sismiche .....          | 40 |
| 10.2.3 | Verifiche a flessione - condizioni statiche.....       | 41 |
| 10.2.4 | Verifiche strutturali – condizioni sismiche.....       | 45 |
| 10.3   | VERIFICA STRUTTURALE PARAMENTO.....                    | 49 |
| 10.3.1 | Verifica a pressoflessione – condizioni statiche.....  | 50 |
| 10.3.2 | Verifica a pressoflessione – condizioni sismiche ..... | 54 |
| 10.4   | VERIFICA STRUTTURALE PARAMENTO – URTO.....             | 56 |
| 10.4.1 | Calcolo delle sollecitazioni .....                     | 58 |

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                   |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>3 di 62 |

## 1 PREMESSA

Il presente documento riguarda il dimensionamento delle opere di protezione al soliflusso MU88C dal km 0+466.00 al km 0+510.00 della viabilità NV65 nell'ambito del Progetto Definitivo della Direttrice Ferroviaria Messina – Catania – Palermo - Nuovo Collegamento Palermo – Catania, Tratta Lercara Dir. – Caltanissetta Xirbi (Lotto 3) dalla progressiva chilometrica 18+636 alla 46+703 (lotto 3b).

### 1.1 Descrizione dell'opera

L'opera ha uno sviluppo complessivo di 48 m ed è costituita da una paratia di pali di diametro 800 mm e interasse pari a 1.20 m ("tipo 5c") e lunghezza 10 m, su cui si intesta un muro necessario per il contenimento del rilevato stradale. Il calcolo viene effettuato per la configurazione più critica, in cui si ha un'altezza massima del paramento pari a 6.00 m.

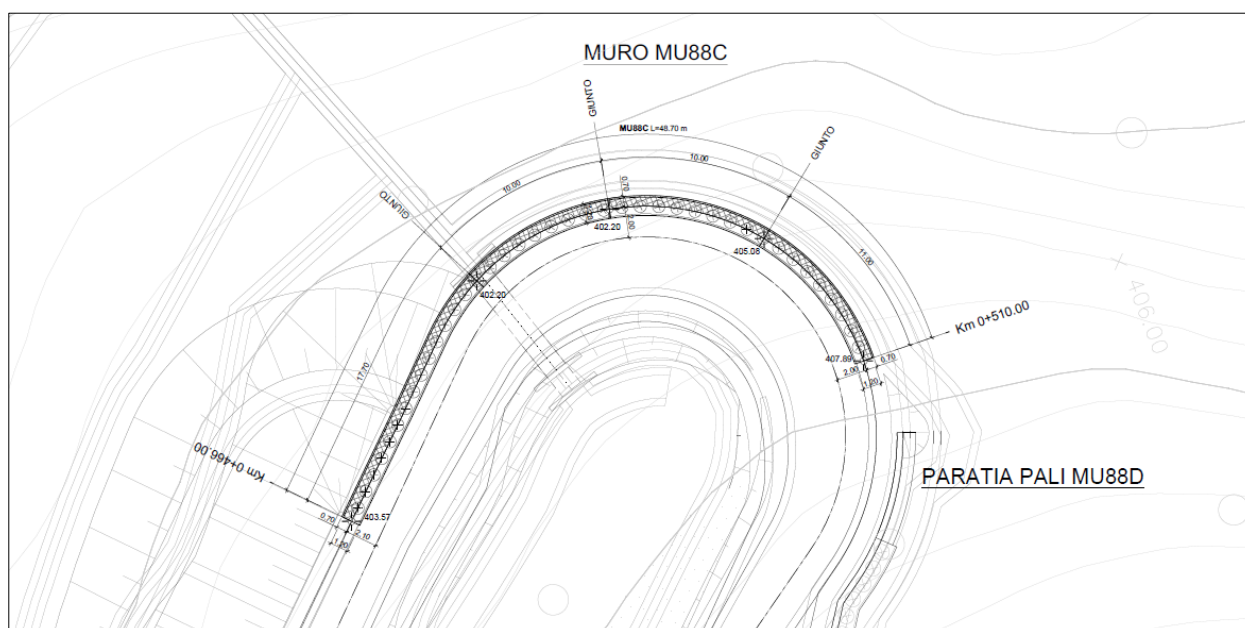


Figura 1-1 Pianta MU88C.

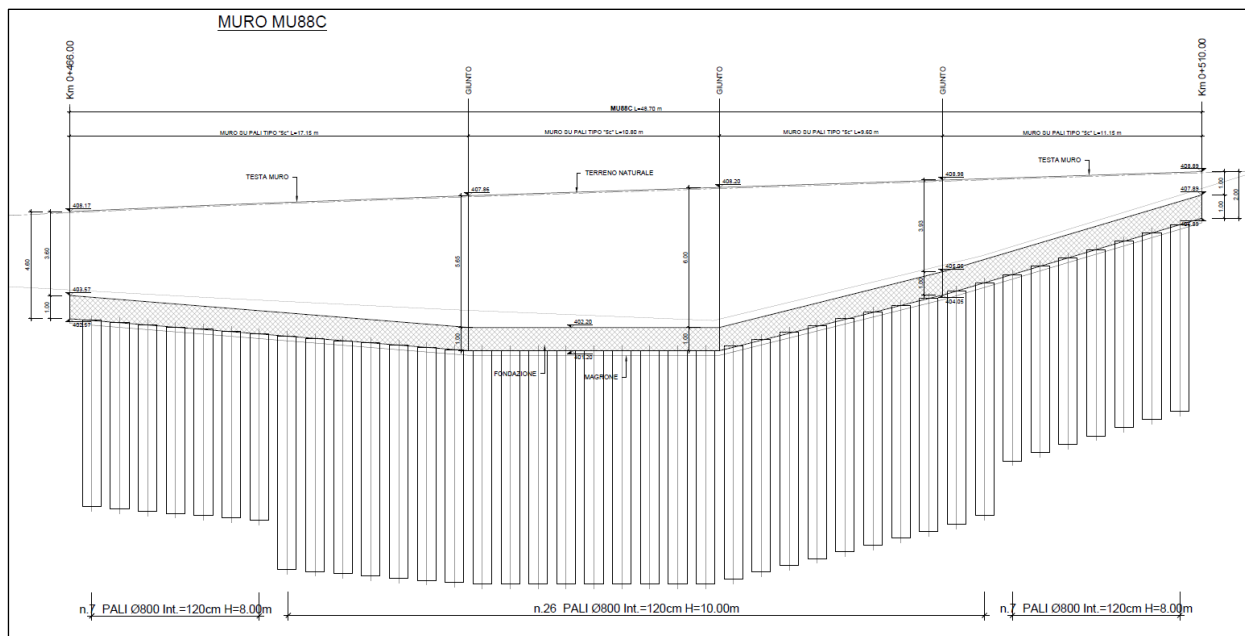


Figura 1-2 - Prospetto MU88C.

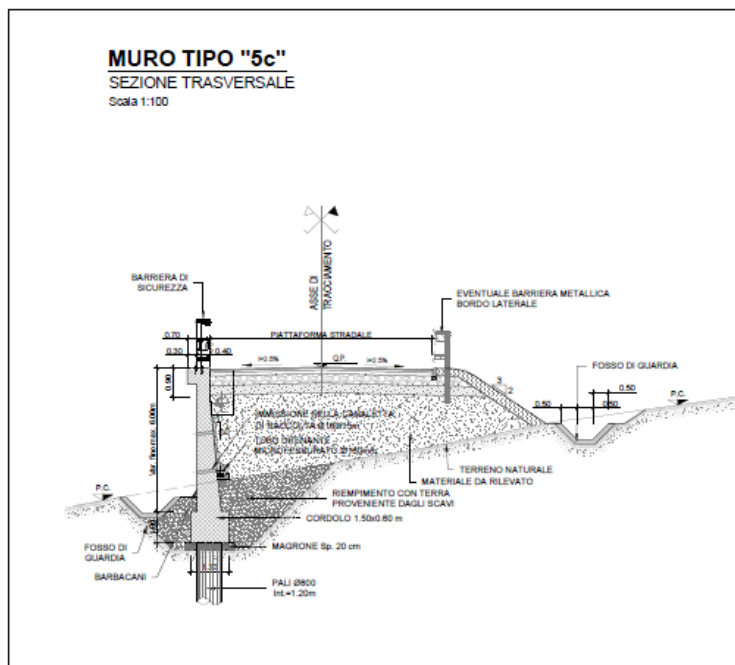


Figura 1-3 - Sezione muro tipo 5c.

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                   |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>5 di 62 |

## 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:

**Norme Tecniche per le Costruzioni** - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);

**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;

**Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea.**  
Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.

**Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2**

**RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18** - Manuale di Progettazione delle Opere Civili

## 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Vengono presi a riferimento i seguenti elaborati grafici progettuali di pertinenza:

RS3T.3.0.D.78.PZ.MU.88.C.0.001: "NV65 Opere di protezione al soliflusso MU88C - Pianta, prospetto e sezioni"

RS3T.3.0.D.78.GE.GE.00.0.0.002: "Relazione geotecnica generale - Lotto 3B"

RS3T.3.0.D.78.F6.GE.00.0.0.049: "Profilo geotecnico viabilità NV65"

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|---------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |         |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                                      | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO  |
|                                                                                                                                              | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 6 di 62 |

#### 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)              | $10^{-2}$ m            |
| <b>mm</b> (millimetro)              | $10^{-3}$ m            |
| <b>Pa</b> (Pascal)                  | 1 N/m <sup>2</sup>     |
| <b>kPa</b> (kiloPascal)             | 103 N/m <sup>2</sup>   |
| MPa (megaPascal)                    | 106 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

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ MPa} \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$$

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

$\gamma$  (gamma)      peso dell'unità di volume (kN/m<sup>3</sup>)

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                   |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>7 di 62 |

|                         |                      |                        |   |
|-------------------------|----------------------|------------------------|---|
| $\sigma$ (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)      |   |

## 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 17 gennaio 2018. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche e i riferimenti dei paragrafi del D.M. citato.

### 5.1 Calcestruzzo

- Elemento strutturale: fondazione ed elevazione muro di sostegno

Classe di resistenza = C32/40;

$R_{ck}$  = resistenza cubica = 40 N/mm<sup>2</sup>;

$f_{ck}$  = resistenza cilindrica caratteristica = 0.83  $R_{ck}$  = 33.2 N/ mm<sup>2</sup>;

$f_{cm}$  = resistenza cilindrica media =  $f_{ck} + 8$  = 41.2 N/ mm<sup>2</sup>;

$f_{cd}$  = acc  $f_{ck}/\gamma_c$  = 18.8 N/mm<sup>2</sup>;

$f_{ctm}$  = resistenza a trazione media =  $0.30 \times f_{ck}^{2/3}$  = 3.1 N/ mm<sup>2</sup>;

$f_{cfm}$  = resistenza a traz. per flessione media =  $1.20 \times f_{ctm}$  = 3.72 N/ mm<sup>2</sup>;

$f_{cfk}$  = resistenza a traz. per flessione carati. =  $0.70 \times f_{cfm}$  = 2.60 N/ mm<sup>2</sup>;

$E_{cm}$  = modulo elast. tra 0 e  $0.40f_{cm}$  =  $22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$  = 33642.8 N/ mm<sup>2</sup>;

Classe di esposizione XC4

Copriferro = 50 mm

Tolleranza di posa del copriferro = 10 mm

Condizioni ambientali: aggressive

Apertura fessure limite:  $w_1$  = 0.2 mm

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                   |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>8 di 62 |

- Elemento strutturale: pali

Classe di resistenza = C25/30;

$R_{ck}$  = resistenza cubica = 30 N/mm<sup>2</sup>;

$f_{ck}$  = resistenza cilindrica caratteristica = 0.83  $R_{ck}$  = 24.9 N/ mm<sup>2</sup>;

$f_{cm}$  = resistenza cilindrica media =  $f_{ck} + 8$  = 32.9 N/ mm<sup>2</sup>;

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14.11 \text{ N/mm}^2$ ;

$f_{ctm}$  = resistenza a trazione media =  $0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/ mm}^2$ ;

$f_{ctm}$  = resistenza a traz. per flessione media =  $1.20 \times f_{ctm} = 3.07 \text{ N/ mm}^2$ ;

$f_{ctk}$  = resistenza a traz. per flessione carati. =  $0.70 \times f_{ctm} = 2.15 \text{ N/ mm}^2$ ;

$E_{cm}$  = modulo elast. tra 0 e 0.40  $f_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447.2 \text{ N/ mm}^2$ ;

Classe di esposizione XC2

Copriferro = 60 mm

Tolleranza di posa del copriferro = 10 mm;

Condizioni ambientali: normali

Apertura fessure limite:  $w_1 = 0.2 \text{ mm}$

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|-------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                   |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                                   | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>9 di 62 |

## 5.2 Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450C

L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

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

Tabella 5-1 Tensioni caratteristiche acciaio.

E deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella:

| CARATTERISTICHE                                                                                 | REQUISITI         | FRATTILE (%) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------|
| Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$                                                 | $\geq f_{y\ nom}$ | 5.0          |
| Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$                                                     | $\geq f_{t\ nom}$ | 5.0          |
| $(f_t/f_y)_k$                                                                                   | $\geq 1,15$       | 10.0         |
| $(f_y/f_{y\ nom})_k$                                                                            | $< 1,35$          |              |
| $(f_y/f_{y\ nom})_k$                                                                            | $\leq 1,25$       | 10.0         |
| Allungamento $(A_{gt})_k$                                                                       | $\geq 7,5\ %$     | 10.0         |
| Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche: |                   |              |
| $\phi < 12\ mm$                                                                                 | 4 $\phi$          |              |
| $12 \leq \phi \leq 16\ mm$                                                                      | 5 $\phi$          |              |
| per $16 < \phi \leq 25\ mm$                                                                     | 8 $\phi$          |              |
| per $25 < \phi \leq 40\ mm$                                                                     | 10 $\phi$         |              |

Tabella 5-2 Requisiti acciaio.

Inoltre si ha:

- $E_s = 210000\ N/mm^2$
- Sovrapposizioni barre  $\geq 40\phi$

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

Resistenza di calcolo a rottura per trazione e deformazione corrispondente:

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

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>10 di 62 |

## 6 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella relazione geotecnica alla quale si rimanda per qualsiasi approfondimento. Si riportano a seguire la stratigrafia e i parametri meccanici utilizzati nei calcoli (valori medi dell'intervallo di variabilità riportato nella relazione geotecnica).

| Unità litologiche da p.c. | da<br>[m] | a<br>[m] | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $c'_k$<br>[kPa] | $\phi'_k$<br>[°] |
|---------------------------|-----------|----------|----------------------------------|-----------------|------------------|
| TRV                       | 0.00      | -        | 21                               | 22              | 22               |

Tabella 6-1 – Valori di calcolo dei parametri geotecnici del terreno

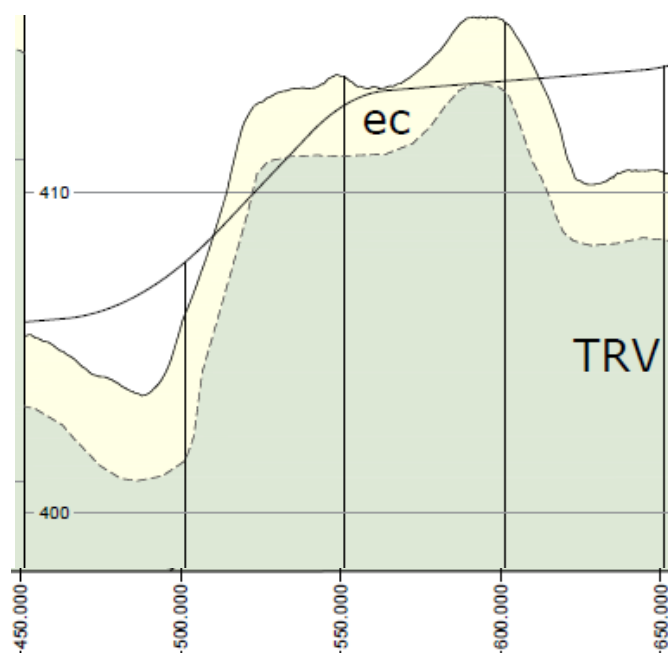


Figura 6-1 – Stralcio del profilo geotecnico.

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>11 di 62 |

La falda è posta ad una profondità superiore a 20.0 m dal piano campagna.

L'opera ha la funzione di sostenere un rilevato stradale, le cui caratteristiche sono le seguenti:

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3;$$

$$c'_k = 0 \text{ kPa};$$

$$\varphi'_k = 35^\circ;$$

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>12 di 62 |

## 7 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

### 7.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è 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. Nel presente caso l'opera viene inserita nella seguente tipologia di costruzione:

2) Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari;

La cui vita nominale è pari a: 75 anni.

### 7.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'opera appartiene alla seguente classe d'uso:

*Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*

Il coefficiente d'uso è pari a 1.50.

### 7.3 Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione al periodo di riferimento  $V_R$  ricavato, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ .

Pertanto  $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$  anni.

### 7.4 Parametri sismici

Fissata la vita di riferimento  $V_R$ , i due parametri  $T_R$  e  $P_{VR}$  sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{C_u V_N}{\ln(1 - P_{VR})}$$

| Stati Limite              | $P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$ |     |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Stati limite di esercizio | SLO                                                                    | 81% |
|                           | SLD                                                                    | 63% |
| Stati limite ultimi       | SLV                                                                    | 10% |
|                           | SLC                                                                    | 5%  |

Tabella 7-1 – Probabilità di superamento al variare dello stato limite considerato.

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                  |                |                            |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b><br><b>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</b> |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                                                        | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>13 di 62 |

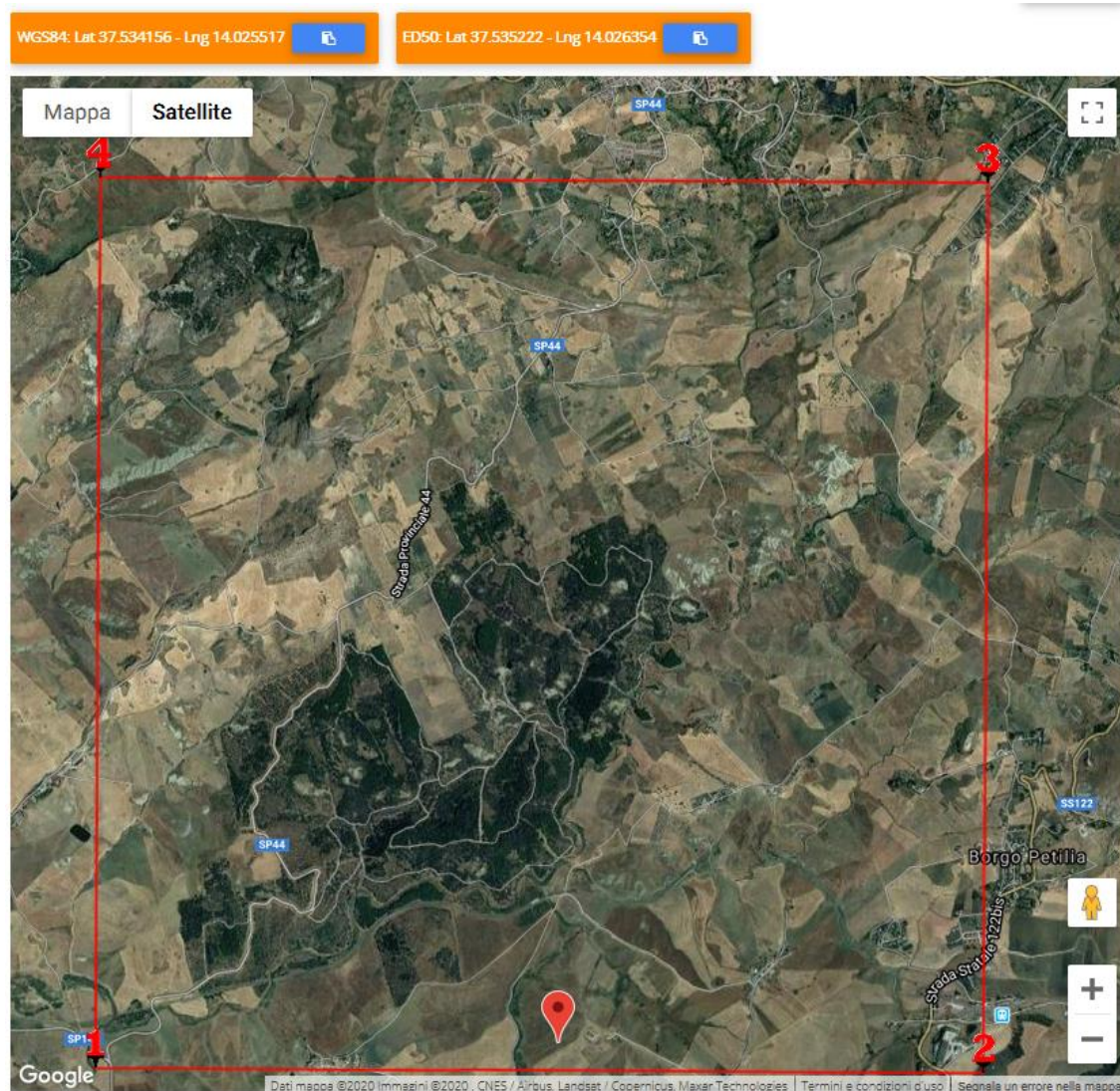


Figura 7-1 –Localizzazione del sito.

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>14 di 62 |

Da cui si ottiene la seguente tabella:

## Stati limite



Classe Edificio

III. Affollamento significativo...



Vita Nominale

75



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1.5

| Stato Limite                                 | Tr [anni] | $a_g$ [g] | Fo    | Tc* [s] |
|----------------------------------------------|-----------|-----------|-------|---------|
| Operatività (SLO)                            | 68        | 0.039     | 2.521 | 0.285   |
| Danno (SLD)                                  | 113       | 0.048     | 2.505 | 0.318   |
| Salvaguardia vita (SLV)                      | 1068      | 0.096     | 2.662 | 0.455   |
| Prevenzione collasso (SLC)                   | 2193      | 0.116     | 2.736 | 0.506   |
| Periodo di riferimento per l'azione sismica: | 112.5     |           |       |         |

Tabella 7-2 – Parametri relativi all'azione sismica.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale. Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2018. I terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria C. In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica                                                                    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T1        | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$                      |
| T2        | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$                                                                    |
| T3        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$                  |

Tabella 7-3 – Categorie topografiche.

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                           | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 15 di 62 |

L'area interessata risulta classificabile come T2.

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2018 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente  $S = S_S S_T$  e di  $C_C$  in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle tabelle di seguito riportate:

| Categoria sottosuolo | $S_s$                                                           | $C_c$                        |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------|
| A                    | 1,00                                                            | 1,00                         |
| B                    | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$ |
| C                    | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$ |
| D                    | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$ |
| E                    | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$ |

Tabella 7-4 – Espressioni di  $S_S$  e  $C_C$ .

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento                                               | $S_T$ |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| T1                    | -                                                                                     | 1,0   |
| T2                    | In corrispondenza della sommità del pendio                                            | 1,2   |
| T3                    | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30° | 1,2   |
| T4                    | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°       | 1,4   |

Tabella 7-5 – Valori massimi dei coefficienti di amplificazione topografica  $S_T$ .

Nel caso in esame quindi si ha:

|                                                                                     |                                 |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|  | Cat. Sottosuolo                 | C    |      |      |      |
|  | Cat. Topografica                | T2   |      |      |      |
|                                                                                     |                                 | SLO  | SLD  | SLV  | SLC  |
|                                                                                     | SS Amplificazione stratigrafica | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |
|                                                                                     | CC Coeff. funz categoria        | 1,59 | 1,53 | 1,36 | 1,31 |
|                                                                                     | ST Amplificazione topografica   | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 |

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>16 di 62 |

## 8 CRITERI DI VERIFICA PARATIE

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 17/01/2018 e della Circolare n.7/19.

### 8.1 Opere di sostegno

#### 8.1.1 Azioni

Le azioni considerate per la verifica delle strutture di sostegno sono le seguenti:

- **azioni permanenti:** peso proprio degli elementi strutturali e spinta del terreno a monte e a valle dell'opera.
- **azioni variabili:** carico variabile stradale generato dalla viabilità NV58 ( $q = 20 \text{ kPa}$ ).
- **azione sismica:** l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel paragrafo 5.2.

#### 8.1.2 Approcci progettuali e metodi di verifica

Le verifiche delle strutture di sostegno sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU):

- collasso del complesso opera-terreno;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

Per le strutture di sostegno flessibili si adotta l'Approccio Progettuale 1 con le due combinazioni di coefficienti parziali (tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del DM 17/01/2018):

- combinazione 1:  $A1 + M1 + R1$
- combinazione 2:  $A2 + M2 + R1$ .

Il dimensionamento geotecnico dell'opera è stato condotto con la verifica di stati limite ultimi GEO, applicando la Combinazione 2 ( $A2+M2+R1$ ). Per le verifiche di stati limite ultimi STR l'analisi è stata condotta con la combinazione 1 ( $A1+M1+R1$ ), applicando i coefficienti parziali  $A1$  ( $\gamma = 1,3$ ) all'effetto delle azioni. A tale scopo, nelle analisi, i valori caratteristici dei carichi variabili sfavorevoli sono stati amplificati di un coefficiente pari a  $1,5/1,3 = 1,15$ .

Al fine di rispettare le richieste della Normativa in merito al modello geometrico di riferimento (§6.5.2.2 DM 17/01/2018) nel caso di opere in cui la funzione di sostegno è affidata alla

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>17 di 62 |

resistenza del volume di terreno a valle dell'opera, la quota di valle è diminuita della quantità prevista, per opere vincolate:

$$\Delta h = \min (0.5; 10\% \Delta t)$$

in cui  $\Delta t$  è la differenza di quota tra il livello inferiore di vincolo e il fondo scavo.

Il corretto dimensionamento nei confronti degli SLU assicura che gli spostamenti dell'opera siano compatibili con le esigenze di funzionalità della stessa; pertanto, trattandosi di opere provvisoriale, in assenza di fabbricati o altre opere da salvaguardare a ridosso delle stesse, non si ritengono necessarie ulteriori valutazioni di verifica nei confronti degli SLE.

Per le verifiche di stabilità globale è stato applicato l'Approccio 1- Combinazione 2 (A2+M2+R2 – tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 17/01/2018).

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), con riferimento alla configurazione finale dell'opera di sostegno. Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici sono pari all'unità. Si adotta il metodo pseudostatico, calcolando il coefficiente sismico orizzontale secondo le prescrizioni della normativa (DM 17/01/2018):

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot \left( \frac{a_{max}}{g} \right)$$

dove:

- $a_{max}$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- $\alpha$  è il coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018);
- $\beta$  è il coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 17/01/2018).

Per la definizione dell'azione sismica si rimanda al paragrafo 7.4. L'effetto del sisma sulle strutture di sostegno è ottenuto applicando un incremento di spinta (cfr § 7.11.6.3.1 del D.M. 17/01/2018 e § C7.11.6.3 della Circolare 7/19) del terreno valutato secondo la teoria di Mononobe-Okabe, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull'intera altezza dell'opera.

$$\Delta S_E = \left[ \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot (K_{aE} - K_a) \right] / H,$$

dove:  $\gamma$  rappresenta il peso dell'unità di volume della formazione con la quale l'opera interagisce,  $H$  rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso),  $K_{aE}$  e  $K_a$  rappresentano i coefficienti di spinta attiva in condizioni sismiche e statiche rispettivamente.

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>18 di 62 |

Per la valutazione della spinta passiva si assume  $\alpha=1$  (§7.11.6.3 del DM 17/01/2018). Il coefficiente sismico verticale,  $k_v$ , si assume pari a 0 (§7.11.6.3 del DM 17/01/2018).

I coefficienti di spinta attiva sono determinati attraverso la relazione di Mononobe (1929) e Okabe (1926). I coefficienti di spinta passiva sono determinati attraverso la relazione di Lancellotta (2007). L'angolo di attrito terreno/struttura,  $\delta$ , si assume pari a 2/3 della resistenza al taglio del terreno naturale.

Le verifiche sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo PARATIE (Paratie Plus 2014.1).

### 8.1.3 Stabilità globale

In accordo con le indicazioni del DM 17/01/2018 § 6.8.2, le verifiche di sicurezza SLU sono state condotte secondo l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2), in cui A2 sono i coefficienti moltiplicativi delle azioni e M2 e R2 sono i coefficienti riduttivi dei parametri di resistenza dei materiali e della resistenza globale del sistema. Il rapporto tra  $R_d$  ed  $E_d$  dovrà risultare sempre maggiore o uguale a  $\gamma_R = 1.1$  in condizioni statiche per assicurare che la verifica di sicurezza richiesta da normativa sia rispettata.

Per le verifiche sismiche si applicano gli stessi criteri ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§7.11.1 e § 7.11.4 del DM 17/01/2018) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a  $\gamma_R = 1.2$ . (§ 7.11.4 del DM 17/01/2018).

Per la valutazione della superficie di scorrimento critica (ed in generale di tutte le superfici di scorrimento) è stato utilizzato il metodo di Morgenstern & Price.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi SLV, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_h = k_h \cdot W \quad \text{ed} \quad F_v = k_v \cdot W$$

con  $k_h$  e  $k_v$  pari rispettivamente ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max} / g \quad \text{e} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

in cui:

- $\beta_s$ : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
- $a_{\max}$ : accelerazione orizzontale massima attesa al sito (cfr. §7.4).
- $g$ : accelerazione di gravità.

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>19 di 62 |

## 8.2 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.

### 8.2.1 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.

### 8.2.2 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.

### 8.2.3 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:

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

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

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

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

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                                   | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>20 di 62 |

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

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;

$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$  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.

### 8.3 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

#### 8.3.1 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

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                                   | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>21 di 62 |

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”.

La verifica consiste nel 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).

#### 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 sostegno:

#### CALCESTRUZZO

$$\sigma_{cmax\ QP} = (0,40 f_{ck}) = \boxed{13.28} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{cmax\ R} = (0,55 f_{ck}) = \boxed{18.26} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

#### ACCIAIO

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

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                  |                |                            |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b><br><b>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</b> |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                                                        | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>22 di 62 |

### 8.3.2 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 riportata 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    | $\leq w_1$ |

**Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

| 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 8-1 – 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).

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>23 di 62 |

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.

#### 8.4 VERIFICHE STRUTTURALI - URTO

In testa al muro è presente un'opera di protezione a lato della piattaforma stradale che verrà realizzata, si dovrà quindi eseguire una verifica strutturale del muro di sostegno in presenza di urto. L'urto rappresenta un carico eccezionale quindi la combinazione di riferimento vede i coefficienti parziali delle azioni e dei materiali pari all'unità.

Per le verifiche strutturali si considera la verifica a pressoflessione della sezione di spiccato del paramento per la quale:

$M = [100 * (H_p + 1)] / L_c =$  momento allo spiccato

$T = 100 / L_c$  taglio allo spiccato

in cui:

$L_c = 0.5 \text{ m} + 2 H_p$  larghezza di ripartizione

$H_p$  altezza del paramento

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                           | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 24 di 62 |

## 9 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2018 al par.2.5.3:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Per le verifiche si deve tenere conto dei coefficienti parziali per le azioni, per i parametri geotecnici e per le resistenze.

|                                | Effetto     | Coefficiente Parziale<br>$\gamma_F$ (o $\gamma_F$ ) | EQU | (A1) | (A2) |
|--------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------|-----|------|------|
| Carichi permanenti $G_1$       | Favorevole  | $\gamma_{G1}$                                       | 0,9 | 1,0  | 1,0  |
|                                | Sfavorevole |                                                     | 1,1 | 1,3  | 1,0  |
| Carichi permanenti $G_2^{(1)}$ | Favorevole  | $\gamma_{G2}$                                       | 0,8 | 0,8  | 0,8  |
|                                | Sfavorevole |                                                     | 1,5 | 1,5  | 1,3  |
| Azioni variabili Q             | Favorevole  | $\gamma_{Q1}$                                       | 0,0 | 0,0  | 0,0  |
|                                | Sfavorevole |                                                     | 1,5 | 1,5  | 1,3  |

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

Tabella 9-1 - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU.

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

Tabella 9-2 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                           | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 25 di 62 |

| Verifica                           | Coefficiente parziale (R3) |
|------------------------------------|----------------------------|
| Capacità portante della fondazione | $\gamma_R = 1,4$           |
| Scorrimento                        | $\gamma_R = 1,1$           |
| Ribaltamento                       | $\gamma_R = 1,15$          |
| Resistenza del terreno a valle     | $\gamma_R = 1,4$           |

Tabella 9-3 – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi dei muri di sostegno.

| COEFFICIENTE | R2  |
|--------------|-----|
| $\gamma_R$   | 1,1 |

Tabella 9-4 – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza SLU di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

Le combinazioni sismiche sono effettuate con ponendo però pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto con gli opportuni coefficienti parziali  $\gamma_R$ .

| Verifica                       | Coefficiente parziale $\gamma_R$ |
|--------------------------------|----------------------------------|
| Carico limite                  | 1.2                              |
| Scorrimento                    | 1.0                              |
| Ribaltamento                   | 1.0                              |
| Resistenza del terreno a valle | 1.2                              |

Tabella 9-5 – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.

| COEFFICIENTE | R2  |
|--------------|-----|
| $\gamma_R$   | 1.2 |

Tabella 9-6 – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza SLV di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>26 di 62 |

## 10 VERIFICA DELLE OPERE

Sono di seguito descritti il modello geotecnico e le principali caratteristiche dell'opera strutturale adottate nelle analisi di verifica.

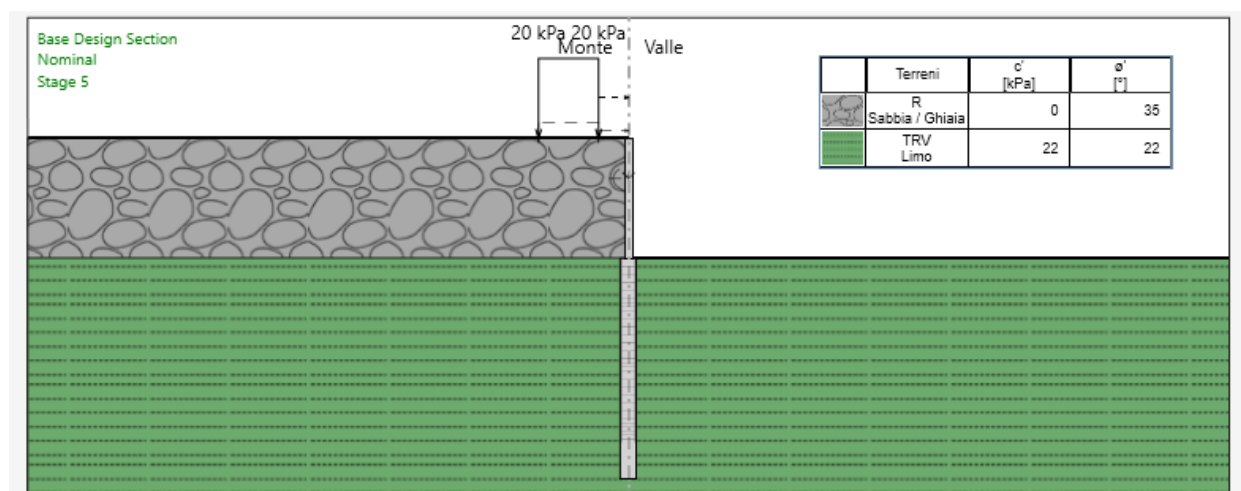


Figura 10-1. Schema di calcolo paratia

|                                         |                                     |
|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| Tipologia struttura di sostegno         | pali $\phi 800$ ad interasse 1.20 m |
| Altezza totale pali                     | $H_{tot} = 11$ m (1m di cordolo)    |
| Altezza muro di sostegno                | $H = 6.00$ m                        |
| Altezza rilevato stradale a monte       | $H_1 = 6.00$ m                      |
| Inclinazione del piano campagna a monte | $0^\circ$                           |
| Inclinazione del piano campagna a valle | $0^\circ$                           |
| Sovraccarichi a monte                   | $g = 20$ kPa                        |

Tabella 7. Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo 1

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                  |                |                            |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b><br><b>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</b> |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                                                        | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>27 di 62 |

| U.G. | da  | a   | $\gamma$             | $c'$  | $c_u$ | $\phi'$ | $E_{op}$ | $\nu$ |
|------|-----|-----|----------------------|-------|-------|---------|----------|-------|
| [-]  | [m] | [m] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kPa] | [kPa] | [°]     | [MPa]    | [-]   |
| TRV  | 0   | 40  | 21                   | 22    | 200   | 22      | 160      | 0.3   |

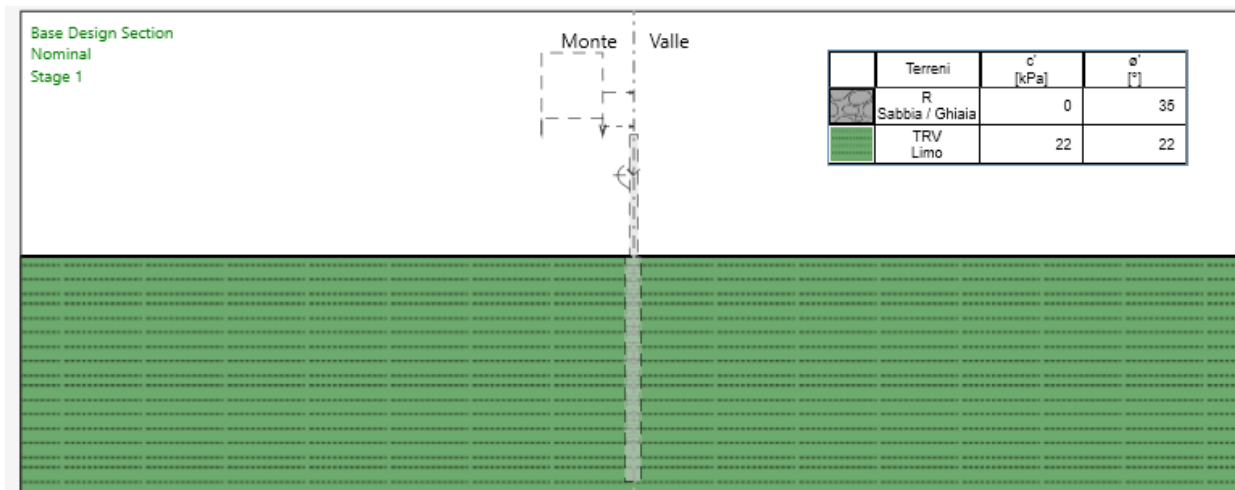
Tabella 8. Parametri geotecnici di calcolo

| U.G. | Condizione | Cat. sottosuolo | Cat. topografica     | $a_g$ (g) | Ss  | St  | $a_{max}/g$ |
|------|------------|-----------------|----------------------|-----------|-----|-----|-------------|
| [-]  | [-]        | [-]             | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]       | [-] | [-] | [-]         |
| TRV  | SLV        | C               | T2                   | 0.096     | 1.5 | 1.2 | 0.172       |

Tabella 9. Parametri per l'analisi sismica

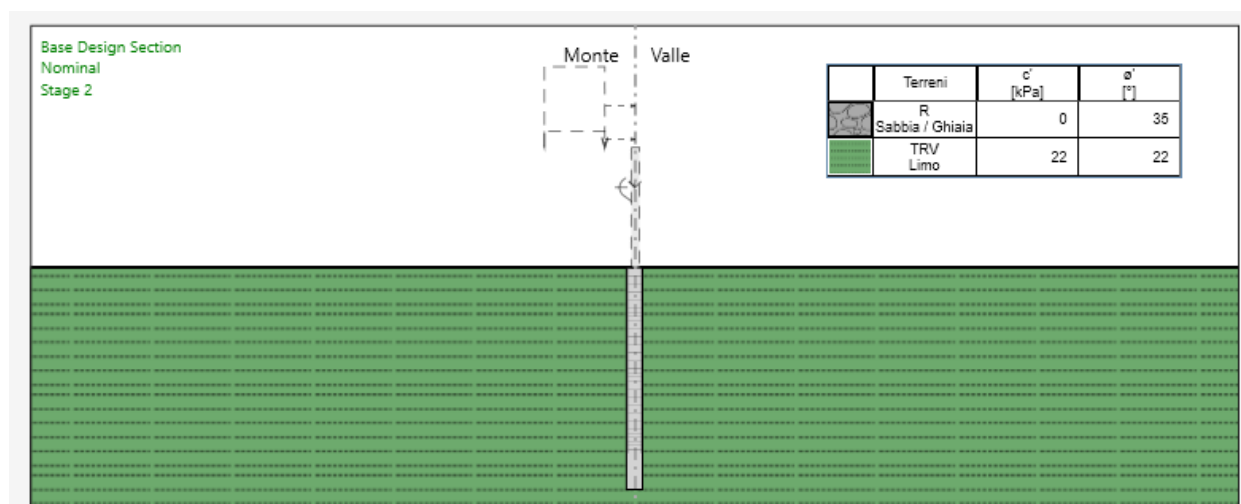
## 10.1 Fasi di calcolo

- 1) Geostatico e prescavo fino a quota testa palo;

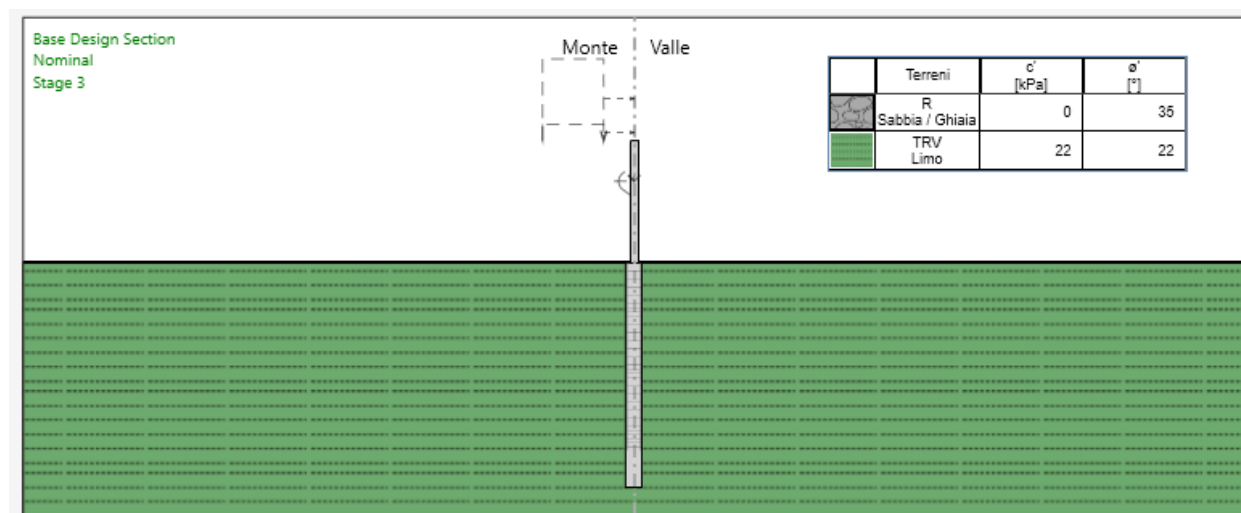


|                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                         |                                |                              |                                          |                         |                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
|      | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b><br><b>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</b> |                                |                              |                                          |                         |                                  |
| <b>NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO</b><br><b>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO</b> | <b>COMMESSA</b><br><b>RS3T</b>                                                                                                                                                                                          | <b>LOTTO</b><br><b>30 D 78</b> | <b>CODIFICA</b><br><b>CL</b> | <b>DOCUMENTO</b><br><b>MU 88 C 0 002</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>FOGLIO</b><br><b>28 di 62</b> |

2) Inserimento della paratia di pali ( $\varnothing$  800, interasse 1.20 m, lunghezza = 11 m);

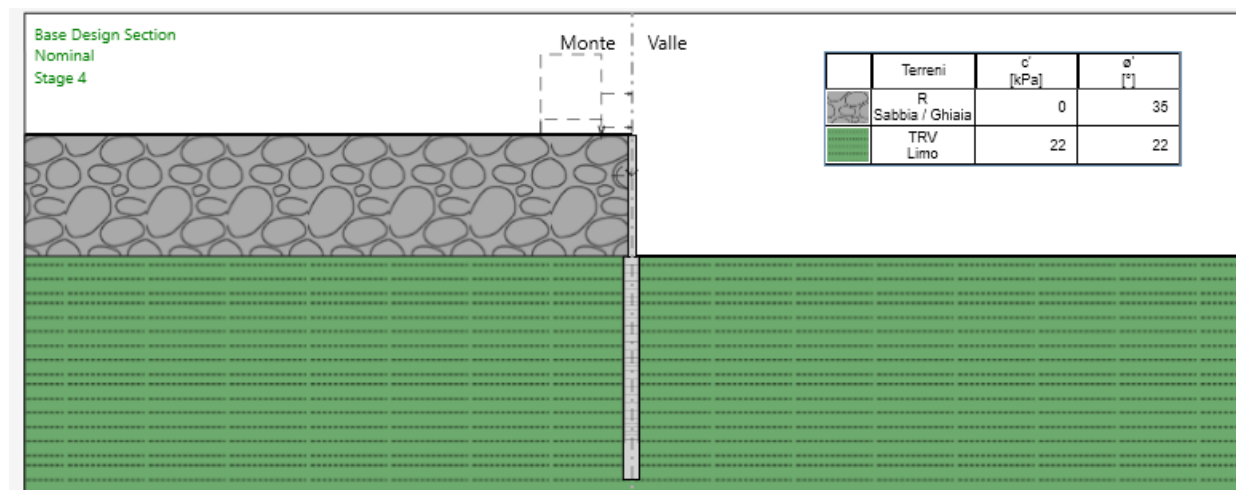


3) Realizzazione muro di sostegno (modellazione con un elemento Parete di spessore minimo e altezza massima a favore di sicurezza, pari rispettivamente a 0.40 m e 6 m);

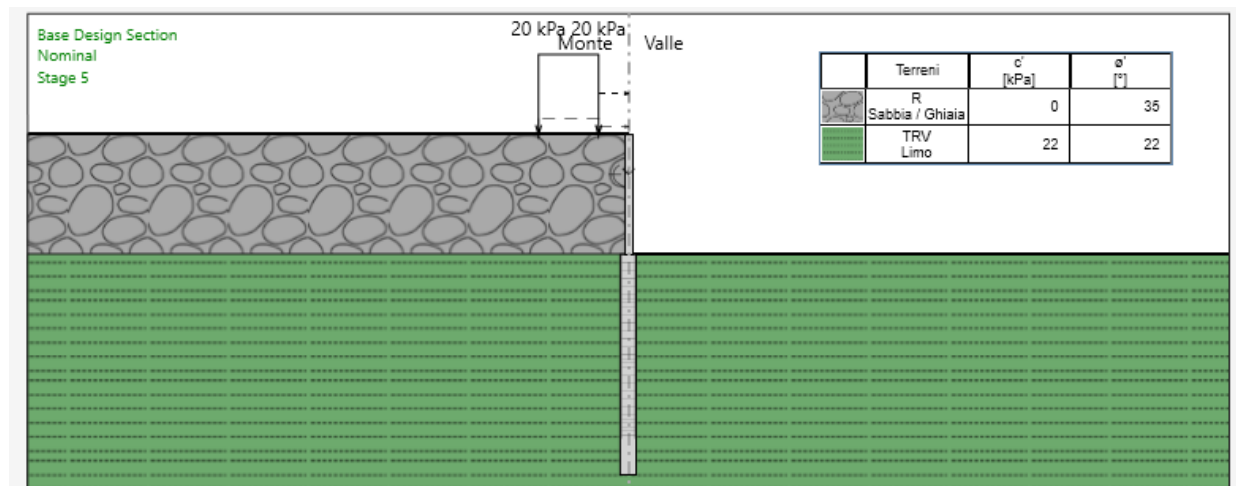


|                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                      |                          |                        |                                    |                   |                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------|----------------------------|
|  <p><b>ITALFERR</b><br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br/> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br/> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b><br/> <b>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</b></p> |                          |                        |                                    |                   |                            |
| <p>NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br/>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO</p>                                                                   | <p>COMMESSA<br/>RS3T</p>                                                                                                                                                                                                             | <p>LOTTO<br/>30 D 78</p> | <p>CODIFICA<br/>CL</p> | <p>DOCUMENTO<br/>MU 88 C 0 002</p> | <p>REV.<br/>A</p> | <p>FOGLIO<br/>29 di 62</p> |

4) Riempimento a monte con rilevato stradale (spessore 6 m);

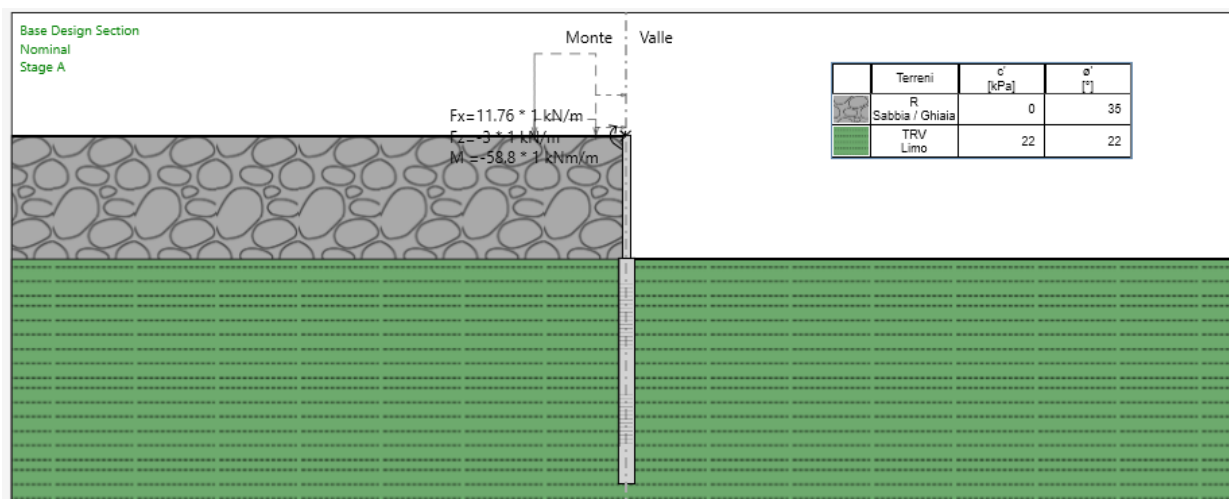


5) Applicazione carico accidentale dovuto all'azione del carico stradale pari a 20 kPa;

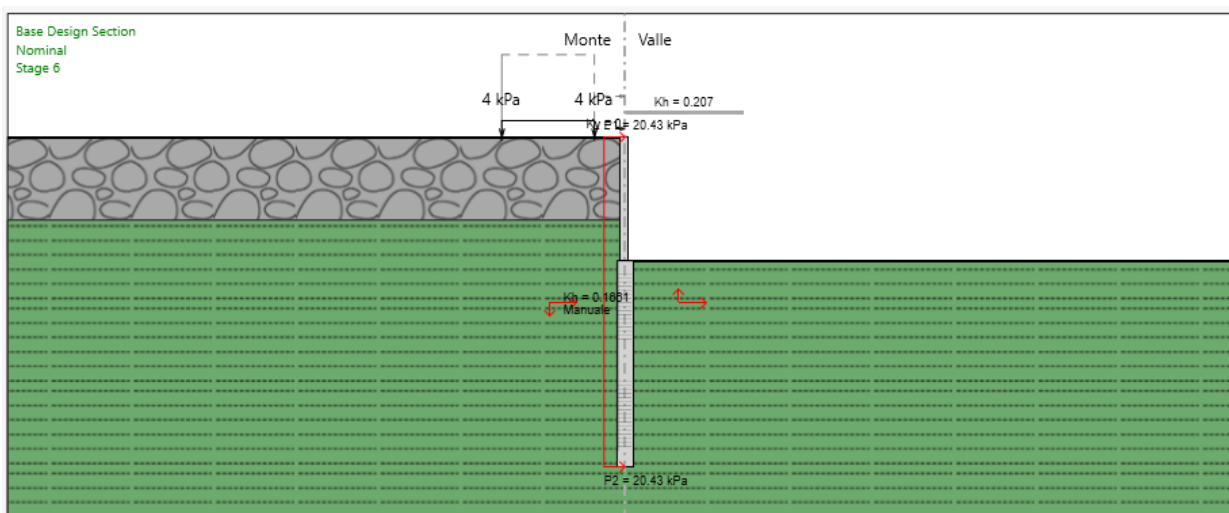


|                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                      |                          |                        |                                    |                   |                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------|----------------------------|
|  <p><b>ITALFERR</b><br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br/> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br/> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b><br/> <b>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</b></p> |                          |                        |                                    |                   |                            |
| <p>NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br/>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO</p>                                                                   | <p>COMMESSA<br/>RS3T</p>                                                                                                                                                                                                             | <p>LOTTO<br/>30 D 78</p> | <p>CODIFICA<br/>CL</p> | <p>DOCUMENTO<br/>MU 88 C 0 002</p> | <p>REV.<br/>A</p> | <p>FOGLIO<br/>30 di 62</p> |

6) Applicazione azione urto in testa al muro;



7) Applicazione azione sismica.



Applicando l'azione sismica al modello si ha:

$$U_s = 0.005 H_{scavo} = 0.03;$$

$\alpha$  è posto cautelativamente pari a 1;

$$\beta \text{ è pari a } 0.133 \ln(5/U_s) = 0.6804.$$

### 1. Definizione accelerazione

Coefficiente accel. base  $a_g / g$

Fattore importanza I

Coefficiente  $S_s$

Coefficiente  $S_T$

$a_{max} / g =$

### 2. Accelerazione di calcolo

☒ Eurocodice

Calcolo coefficiente di risposta R

☒ Input diretto

☐ Da formule

$U_s$   m  $T_c$   m/s

$V_{max}$   m/s   $V_{max}/a_{max}$

R=

☒ NTC

$U_s =$   m

$\beta =$

$\alpha =$

$k_h = \alpha \beta a_{max}$

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                                      | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                                              | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 32 di 62 |

## 10.2 Risultati delle analisi e verifiche

A seguire si riportano i diagrammi del momento flettente e del taglio ottenuti dalle analisi.

|     | Sollecitazioni a metro lineare |                 |             | Sollecitazioni sul singolo palo |           |
|-----|--------------------------------|-----------------|-------------|---------------------------------|-----------|
|     | M<br>(kNm/m)                   | z (Mmax)<br>(m) | T<br>(kN/m) | M<br>(kNm)                      | T<br>(kN) |
| SLE | 222.6                          | 3.2             | -           | 267.1                           |           |
| SLU | 338.9                          | 3.2             | 110.6       | 562.3                           | 132.7     |
| SLV | 684.6                          | 4.2             | 175.7       | 821.5                           | 210.8     |

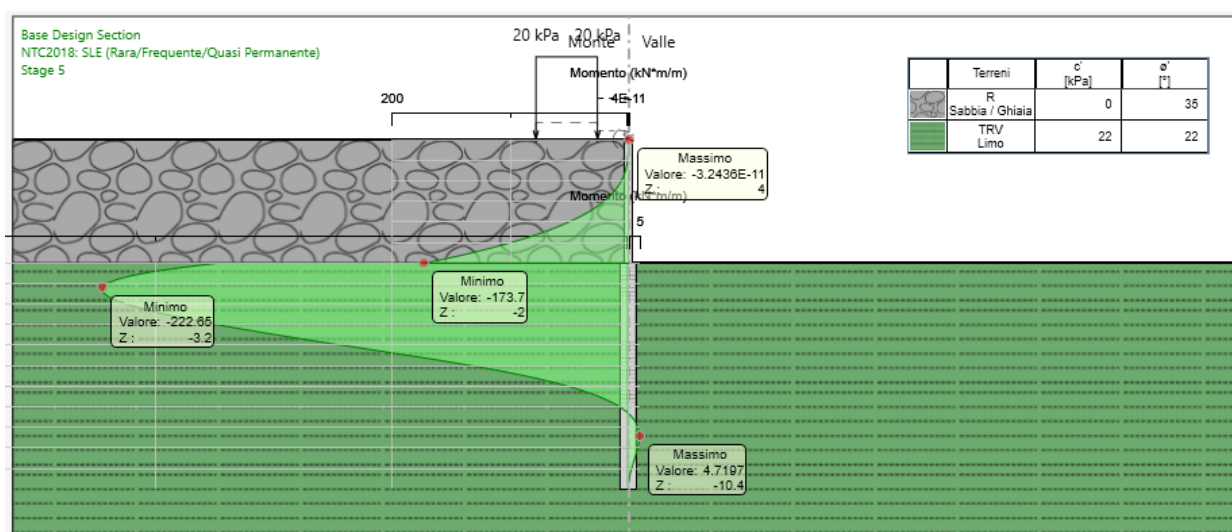


Figura 10-2 – Momento SLE.

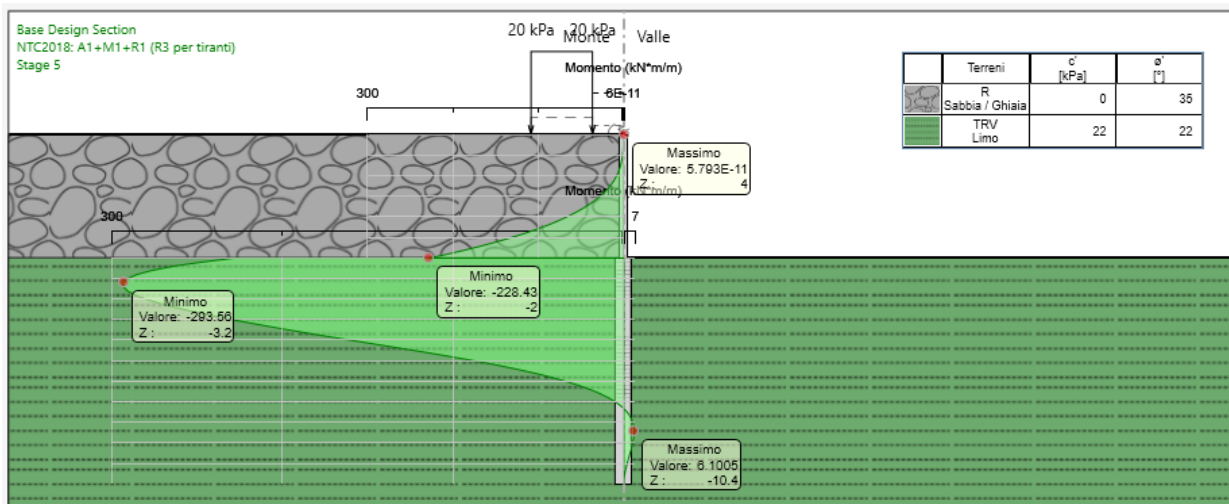


Figura 10-3 – Momento SLU.

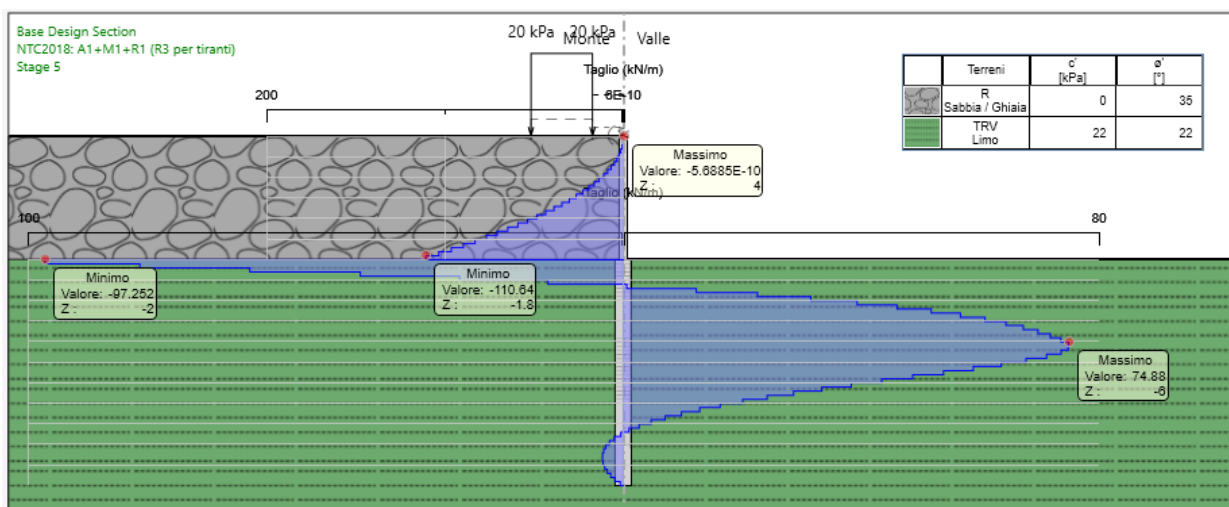


Figura 10-4 – Taglio SLU.

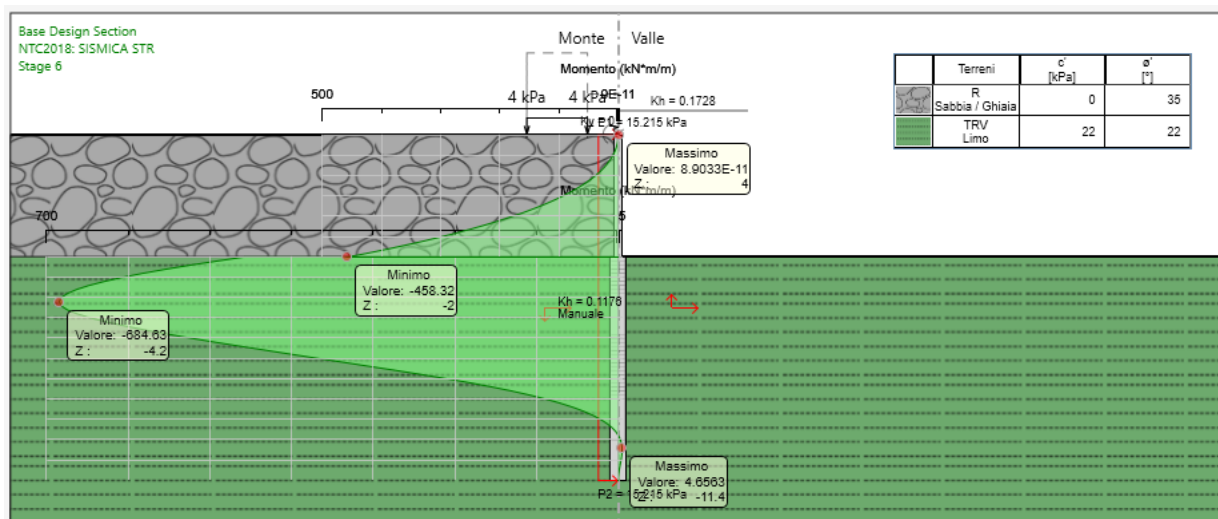


Figura 10-5 – Momento SLV.

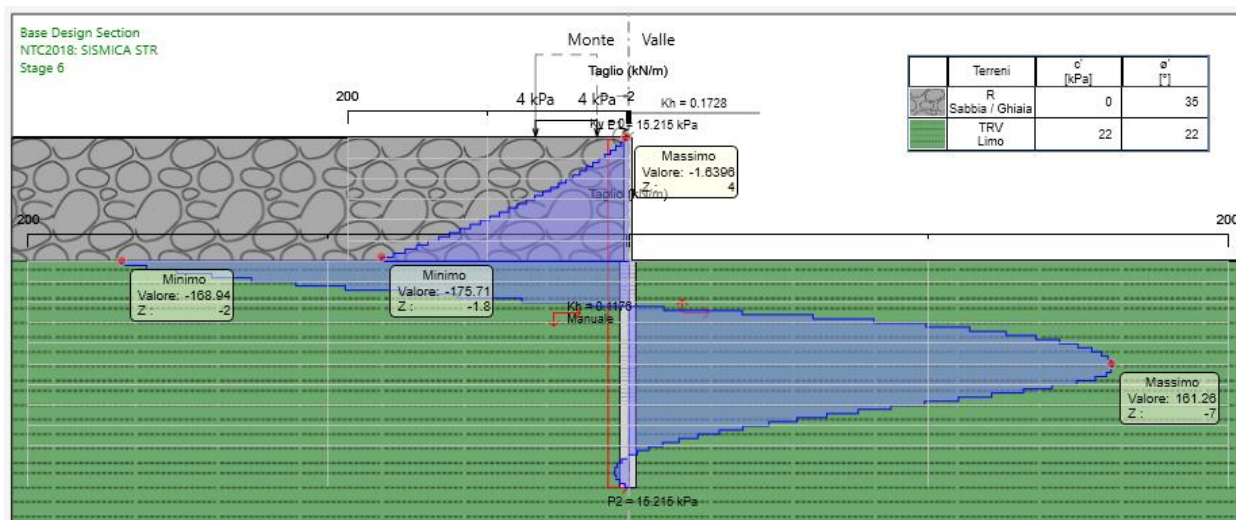


Figura 10-6 – Taglio SLV.

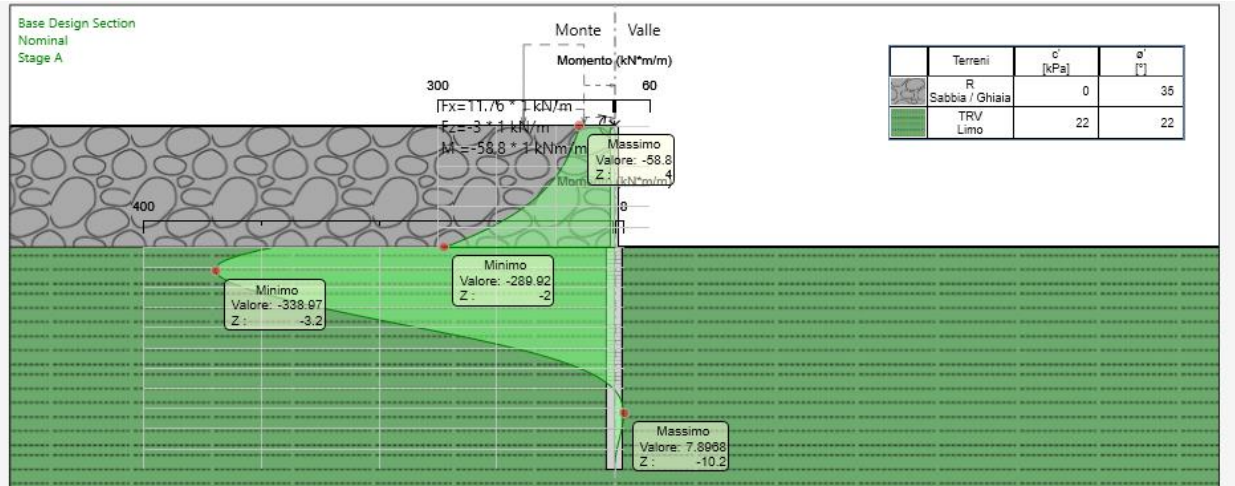


Figura 10-7 – Momento urto.

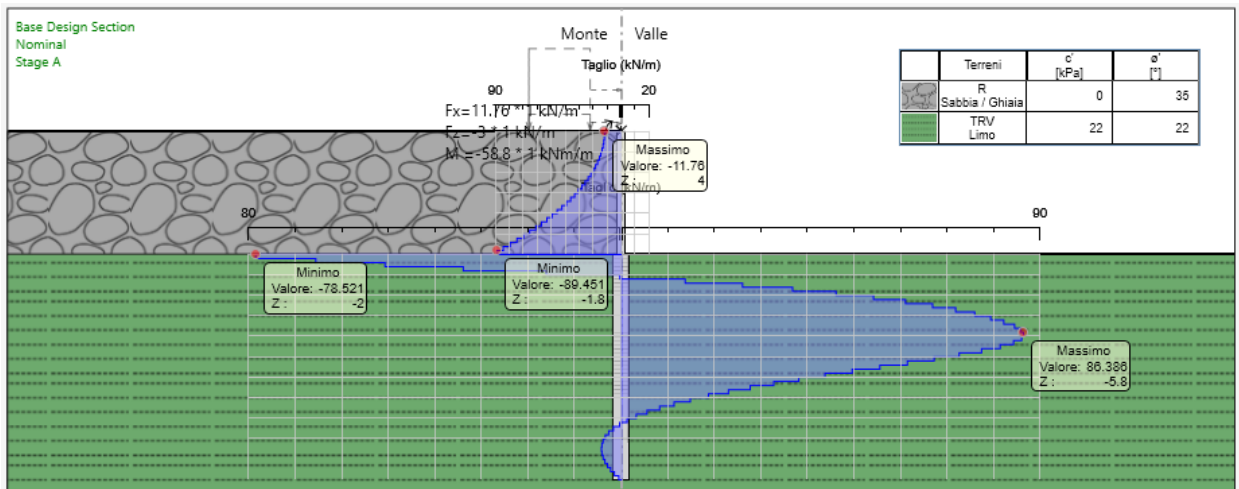


Figura 10-8 – Taglio urto.

Le sollecitazioni in presenza di urto sono calcolate allo SLE per tener conto dei valori dei coefficienti di sicurezza unitari: il momento risulta maggiore del momento allo SLU pertanto dimensionante, mentre il taglio risulta inferiore, quindi non dimensionante.

### **Summary for DA <NTC2018: A2+M2+R1>**

#### **Parete <Left Wall>**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.2 D.A.  
NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 3)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.33 D.A.  
NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)

### **Summary for DA <NTC2018: SISMICA GEO>**

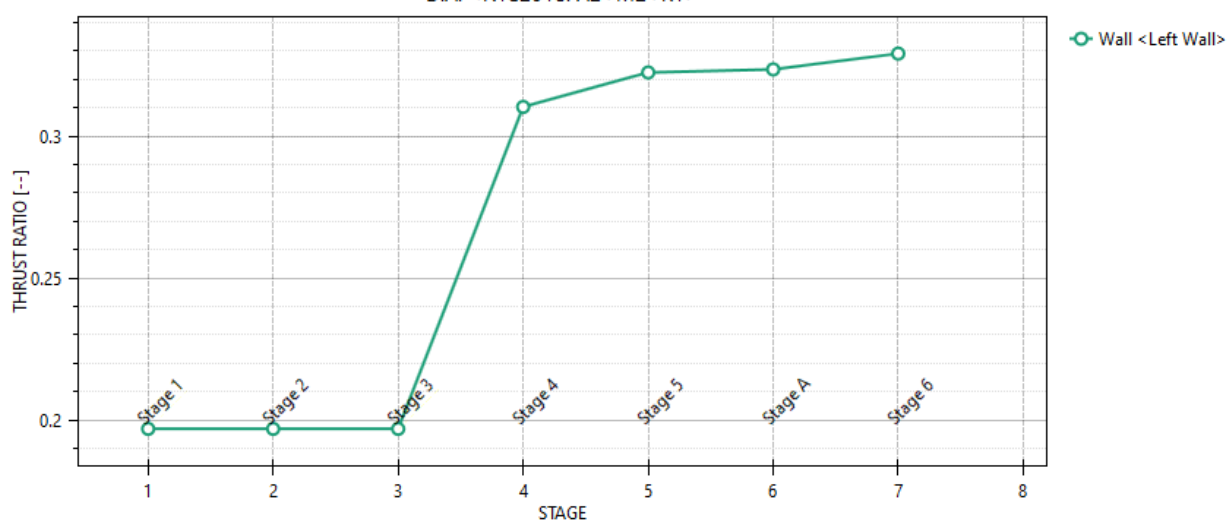
|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>36 di 62 |

### Parete <Left Wall>

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.16 D.A.  
NTC2018: SISMICA GEO (Stage 3)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.32 D.A.  
NTC2018: SISMICA GEO (Stage 6)

### Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

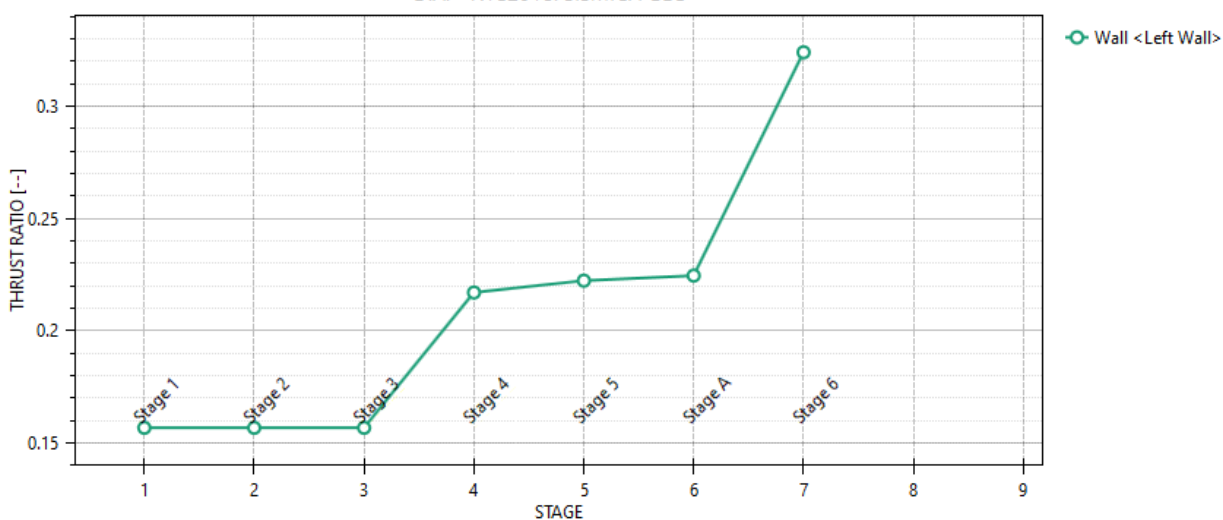
D.A. <NTC2018: A2+M2+R1>



Design Assumption NTC2018: A2+M2+R1 Scegli grafico Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

### Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <NTC2018: SISMICA GEO>



Design Assumption NTC2018: SISMICA GEO Scegli grafico Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

|                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  <b>ITAFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                                  | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>37 di 62 |

## 10.1 Verifiche geotecniche Verifiche SLE

Nell'immagine che segue si riporta lo spostamento della paratia in fase 5.

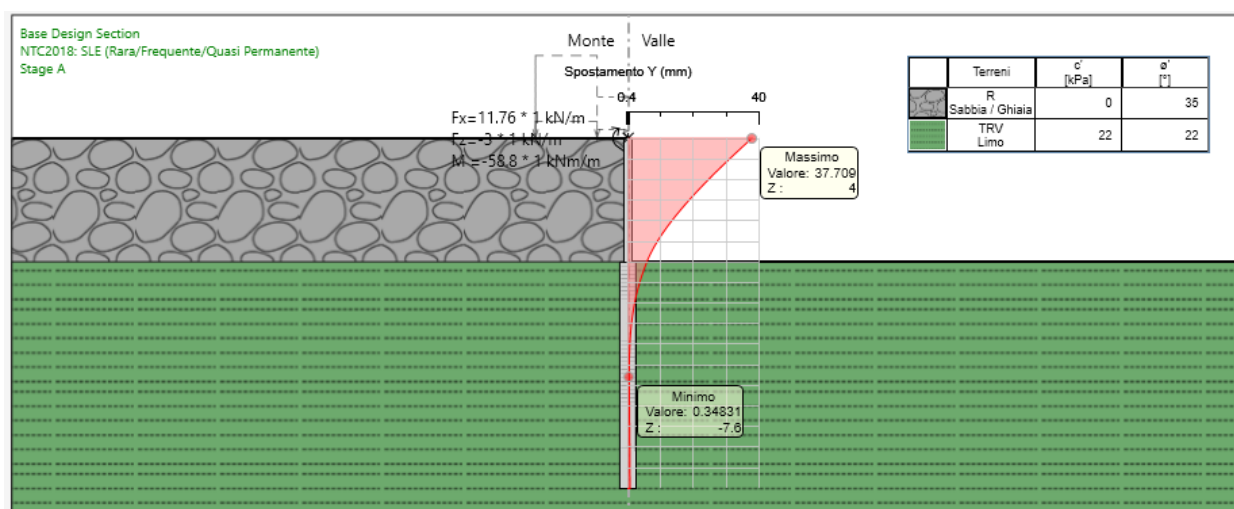


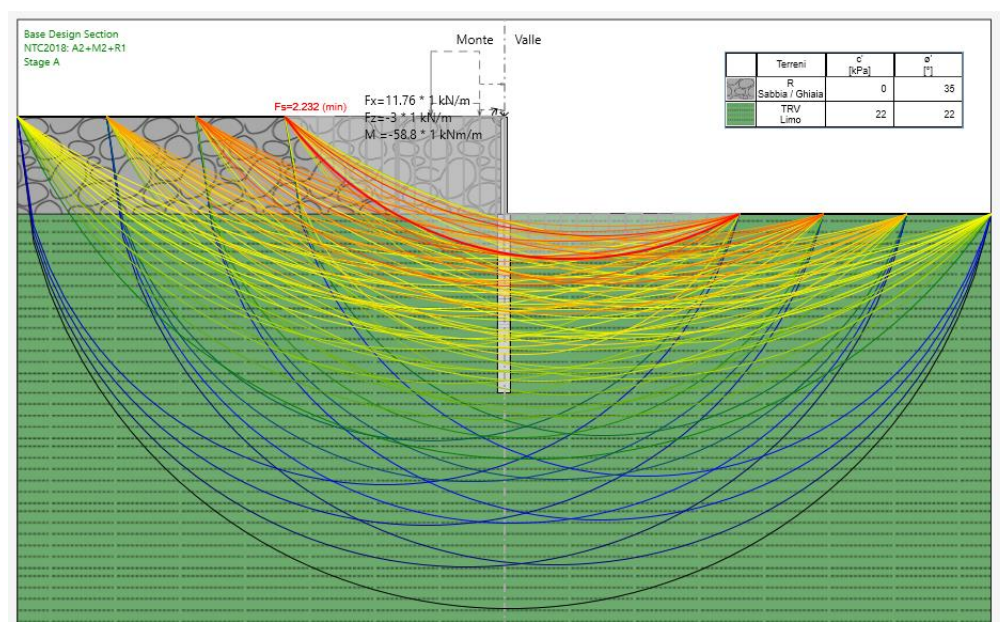
Figura 10-9. Deformata dell'opera di sostegno nella configurazione di fondo scavo

La deformata dell'opera rientra nei limiti progettuali stabiliti.

|                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                  |                                   |                                 |                                             |                            |                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
|  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br/>         NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br/>         TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br/>         OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</p> |                                   |                                 |                                             |                            |                                     |
| <p>NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br/>         MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO</p>                                      | <p>COMMESSA<br/>         RS3T</p>                                                                                                                                                                                                | <p>LOTTO<br/>         30 D 78</p> | <p>CODIFICA<br/>         CL</p> | <p>DOCUMENTO<br/>         MU 88 C 0 002</p> | <p>REV.<br/>         A</p> | <p>FOGLIO<br/>         38 di 62</p> |

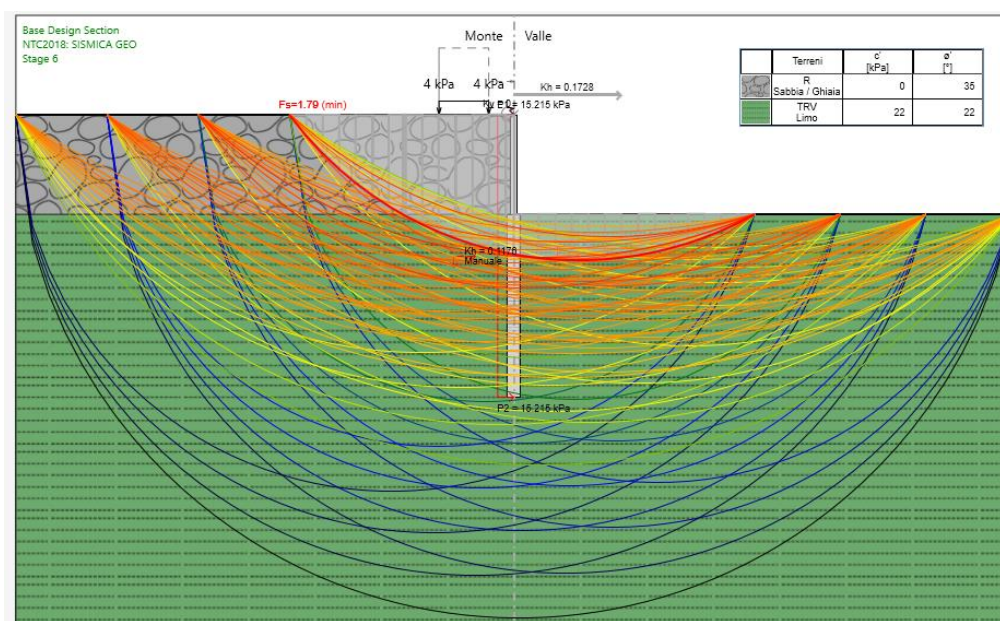
### 10.1.1 Stabilità globale

#### CONDIZIONI STATICHE



Verifica soddisfatta

#### CONDIZIONI SISMICHE

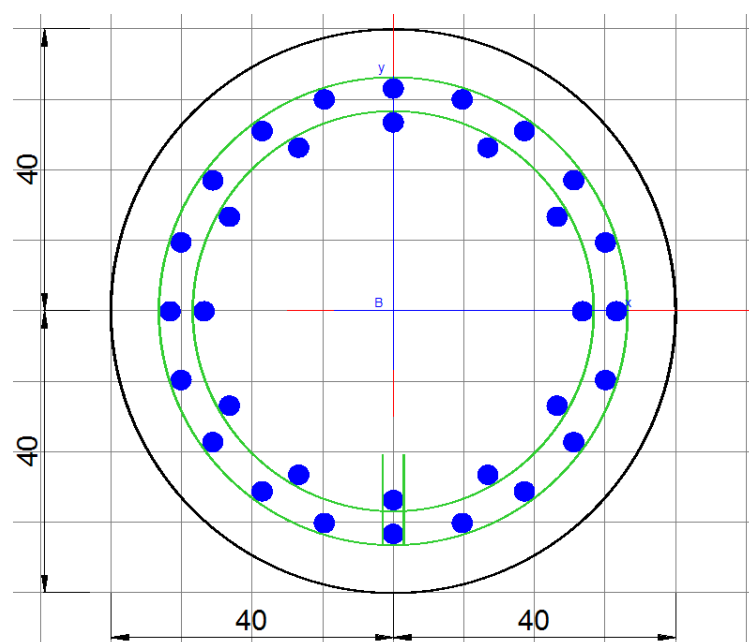


Verifica soddisfatta

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                                   | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>39 di 62 |

## 10.2 Verifiche strutturali

Per l'armatura della paratia di pali sono state impiegate due ordini di 20+12 barre con diametro  $\phi 24$  mm e una spirale  $\phi 12/15$  cm.



Si riportano di seguito le verifiche a taglio e a flessione in condizioni statiche e sismiche.

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                           | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 40 di 62 |

### 10.2.1 Verifica a taglio – condizioni statiche

| VERIFICA A TAGLIO - SLU            |        |                 |            |       |        |            |
|------------------------------------|--------|-----------------|------------|-------|--------|------------|
| r                                  | 400    | mm              |            |       |        |            |
| c                                  | 84     | mm              |            |       |        |            |
| rs                                 | 316    | mm              |            |       |        |            |
| $\alpha$                           | 0.53   | rad             |            |       |        |            |
| Atot                               | 502655 | mm <sup>2</sup> |            |       |        |            |
| A                                  | 405196 | mm <sup>2</sup> |            |       |        |            |
| h                                  | 745.8  | mm              | Rck        | 30    |        |            |
| d                                  | 601.2  | mm              | fck        | 24.9  |        |            |
| bw                                 | 674.0  | mm              | $\gamma_c$ | 1.5   |        |            |
| $1+(200/d)^{0,5}$                  | 1.577  |                 |            | N.ro  |        | area_ferro |
| k                                  | 1.577  |                 | As         | 32    | $\phi$ | 24.0       |
| Asl                                | 14476  | mm <sup>2</sup> |            |       |        |            |
| Asl/(bw·d)                         | 0.036  |                 |            |       |        |            |
| $\rho_1$                           | 0.020  |                 | Vrd        | 282.1 | kN     |            |
| vmin                               | 0.346  |                 | Ved        | 133   | KN     |            |
| vmin·bw·d                          | 140118 | N               | Vrd/Ved    | 2.13  | -      |            |
| Vrd                                | 282074 | N               |            |       |        |            |
| Non necessita di armatura a taglio |        |                 |            |       |        |            |

### 10.2.2 Verifica a taglio – condizioni sismiche

| VERIFICA A TAGLIO - SLV            |        |                 |            |       |        |            |
|------------------------------------|--------|-----------------|------------|-------|--------|------------|
| r                                  | 400    | mm              |            |       |        |            |
| c                                  | 84     | mm              |            |       |        |            |
| rs                                 | 316    | mm              |            |       |        |            |
| $\alpha$                           | 0.53   | rad             |            |       |        |            |
| Atot                               | 502655 | mm <sup>2</sup> |            |       |        |            |
| A                                  | 405196 | mm <sup>2</sup> |            |       |        |            |
| h                                  | 745.8  | mm              | Rck        | 30    |        |            |
| d                                  | 601.2  | mm              | fck        | 24.9  |        |            |
| bw                                 | 674.0  | mm              | $\gamma_c$ | 1.5   |        |            |
| $1+(200/d)^{0,5}$                  | 1.577  |                 |            | N.ro  |        | area_ferro |
| k                                  | 1.577  |                 | As         | 32    | $\phi$ | 24.0       |
| Asl                                | 14476  | mm <sup>2</sup> |            |       |        |            |
| Asl/(bw·d)                         | 0.036  |                 |            |       |        |            |
| $\rho_1$                           | 0.020  |                 | Vrd        | 282.1 | kN     |            |
| vmin                               | 0.346  |                 | Ved        | 211   | KN     |            |
| vmin·bw·d                          | 140118 | N               | Vrd/Ved    | 1.34  | -      |            |
| Vrd                                | 282074 | N               |            |       |        |            |
| Non necessita di armatura a taglio |        |                 |            |       |        |            |

La sezione analizzata non necessita armatura a taglio per entrambe le configurazioni (statica e sismica), tuttavia si prevede una spirale  $\phi 12$  passo 15 cm a favore di sicurezza.

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                           | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 41 di 62 |

### 10.2.3 Verifiche a flessione - condizioni statiche

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                     |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Pilastro        |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                              |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante             |
| Condizioni Ambientali:        | Poco aggressive                     |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia       |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                  |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                                      |                     |
|----------------|------------------------------------------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                                              | C25/30              |
|                | Resis. compr. di progetto fcd:                       | 14.2 MPa            |
|                | Resis. compr. ridotta fcd':                          | 7.1 MPa             |
|                | Def.unit. max resistenza ec2:                        | 0.0020              |
|                | Def.unit. ultima ecu:                                | 0.0035              |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Parabola-Rettangolo |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:                          | 31475.0 MPa         |
|                | Resis. media a trazione fctm:                        | 2.56 MPa            |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00               |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                         | 15.0 MPa            |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                    | 15.0 MPa            |
|                | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:            | 0.400 mm            |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                 | 11.3 MPa            |
|                | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:                 | 0.300 mm            |
| ACCIAIO -      | Tipo:                                                | B450C               |
|                | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.0 MPa           |
|                | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.0 MPa           |
|                | Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.3 MPa           |
|                | Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.3 MPa           |
|                | Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068               |
|                | Modulo Elastico Ef                                   | 2000000 daN/cm²     |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito    |
|                | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                |
|                | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50                |
|                | Sf limite S.L.E. Comb. Rare:                         | 360.00 MPa          |

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| Forma del Dominio:   | Circolare |
| Classe Calcestruzzo: | C25/30    |
| Raggio circ.:        | 40.0 cm   |
| X centro circ.:      | 0.0 cm    |
| Y centro circ.:      | 0.0 cm    |

#### DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

|         |                                                                                   |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| N° Gen. | Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre                      |
| Xcentro | Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  |
| Ycentro | Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate |

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                         |         |          |               |      |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b><br><b>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</b> |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                                      | COMMESSA                                                                                                                                                                                                                | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                                              | RS3T                                                                                                                                                                                                                    | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 42 di 62 |

Raggio  
 N°Barre  
 Ø

Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
 Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza  
 Diametro [mm] della singola barra generata

| N°Gen. | Xcentro | Ycentro | Raggio | N°Barre | Ø  |
|--------|---------|---------|--------|---------|----|
| 1      | 0.0     | 0.0     | 31.6   | 20      | 24 |
| 2      | 0.0     | 0.0     | 26.8   | 12      | 24 |

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm  
 Passo staffe: 24.9 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

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

| N       | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)                                                                    |        |      |        |      |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|--------|------|
| Mx      | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |        |      |        |      |
| My      | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |        |      |        |      |
| Vy      | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y                                                                    |        |      |        |      |
| Vx      | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x                                                                    |        |      |        |      |
| N°Comb. | N                                                                                                                                  | Mx     | My   | Vy     | Vx   |
| 1       | 0.00                                                                                                                               | 562.30 | 0.00 | 132.70 | 0.00 |

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N    | Mx     | My   |
|---------|------|--------|------|
| 1       | 0.00 | 267.10 | 0.00 |

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N    | Mx              | My          |
|---------|------|-----------------|-------------|
| 1       | 0.00 | 267.10 (190.76) | 0.00 (0.00) |

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

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>43 di 62 |

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N    | Mx              | My          |
|---------|------|-----------------|-------------|
| 1       | 0.00 | 267.10 (190.76) | 0.00 (0.00) |

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.4 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

| N°Comb | Ver | N    | Mx     | My   | N Res | Mx Res  | My Res | Mis.Sic. | As Totale   |
|--------|-----|------|--------|------|-------|---------|--------|----------|-------------|
| 1      | S   | 0.00 | 562.30 | 0.00 | 0.00  | 1334.27 | 0.00   | 2.37     | 144.8(15.1) |

## METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
Xc max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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 compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max  | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.0    | 40.0   | 0.00244 | 0.0    | 31.6   | -0.00550 | 0.0    | -31.6  |

## POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|---|---|---|-----|--------|
|--------|---|---|---|-----|--------|

|                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                           |         |          |               |      |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <div><div><b>ITALFERR</b><br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</div></div> | <div>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br/>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br/>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br/>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</div> |         |          |               |      |          |
| <div>NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br/>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO</div>                                                                             | COMMESSA                                                                                                                                                                                                  | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                                                                 | RS3T                                                                                                                                                                                                      | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 44 di 62 |

1      0.000000000      0.000125685      -0.001527395

#### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 8 mm  
 Passo staffe: 24.9 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]  
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
 La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna))  
 I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).  
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]  
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]  
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
 ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

| N°Comb | Ver | Ved    | Vcd    | Vwd    | d   z       | bw   | Ctg   | Acw   | Ast | A.Eff    |
|--------|-----|--------|--------|--------|-------------|------|-------|-------|-----|----------|
| 1      | S   | 132.70 | 903.09 | 375.96 | 60.2   51.5 | 71.8 | 2.500 | 1.000 | 2.6 | 7.5(0.0) |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 5.13   | 0.0    | 0.0    | -106.4 | 0.0    | -31.6  | 748     | 27.1    |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
 Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 =  $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                           | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 45 di 62 |

My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max             | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------------------|----|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00064 | 0.00000 | 0.837 | 24.0 | 72 | 0.00032 (0.00032) | 433 0.138 (990.00) |    | 190.76  | 0.00    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 5.13   | 0.0    | 0.0    | -106.4 | 0.0    | -31.6  | 748     | 27.1    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max           | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|------------------|----|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00064 | 0.00000 | 0.837 | 24.0 | 72 | 0.00032 (0.00032) | 433 0.138 (0.40) |    | 190.76  | 0.00    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 5.13   | 0.0    | 0.0    | -106.4 | 0.0    | -31.6  | 748     | 27.1    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max           | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|------------------|----|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00064 | 0.00000 | 0.837 | 24.0 | 72 | 0.00036 (0.00032) | 433 0.155 (0.30) |    | 190.76  | 0.00    |

### 10.2.4 Verifiche strutturali – condizioni sismiche

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

|                               |                                              |
|-------------------------------|----------------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                              |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze in campo sostanzialmente elastico |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Pilastro                 |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                                       |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante                      |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                           |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                |                     |
|----------------|--------------------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                        | C25/30              |
|                | Resis. compr. di progetto fcd: | 14.2 MPa            |
|                | Resis. compr. ridotta fcd':    | 7.1 MPa             |
|                | Def.unit. max resistenza ec2:  | 0.0020              |
|                | Def.unit. ultima ecu:          | 0.0035              |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:  | Parabola-Rettangolo |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:    | 31475.0 MPa         |
|                | Resis. media a trazione fctm:  | 2.56 MPa            |
| ACCIAIO -      | Tipo:                          | B450C               |
|                | Resist. caratt. snervam. fyk:  | 450.0 MPa           |
|                | Resist. caratt. rottura ftk:   | 450.0 MPa           |

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                           | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 46 di 62 |

|                                 |                  |         |
|---------------------------------|------------------|---------|
| Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.3            | MPa     |
| Resist. ultima di progetto ftd: | 391.3            | MPa     |
| Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068            |         |
| Modulo Elastico Ef              | 2000000          | daN/cm² |
| Diagramma tensione-deformaz.:   | Bilineare finito |         |

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Circolare  
Classe Calcestruzzo: C25/30

Raggio circ.: 40.0 cm  
X centro circ.: 0.0 cm  
Y centro circ.: 0.0 cm

#### DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre  
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza  
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

| N°Gen. | Xcentro | Ycentro | Raggio | N°Barre | Ø  |
|--------|---------|---------|--------|---------|----|
| 1      | 0.0     | 0.0     | 31.6   | 20      | 24 |
| 2      | 0.0     | 0.0     | 26.8   | 12      | 24 |

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm  
Passo staffe: 15.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N    | Mx     | My   | Vy     | Vx   |
|---------|------|--------|------|--------|------|
| 1       | 0.00 | 821.50 | 0.00 | 210.80 | 0.00 |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                           | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 47 di 62 |

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

|           |                                                                                          |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver       | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                 |
| N         | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione) |
| Mx        | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia              |
| My        | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia              |
| N Res     | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res    | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                  |
| My Res    | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia                  |
| Mis.Sic.  | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)               |
|           | Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000                                       |
| As Totale | Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]     |

| N°Comb | Ver | N    | Mx     | My   | N Res | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Totale   |
|--------|-----|------|--------|------|-------|--------|--------|----------|-------------|
| 1      | S   | 0.00 | 821.50 | 0.00 | 0.00  | 952.57 | 0.00   | 1.16     | 144.8(15.1) |

## METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

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

| N°Comb | ec max  | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00150 | 0.0    | 40.0   | 0.00109 | 0.0    | 31.6   | -0.00196 | 0.0    | -31.6  |

## POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

|         |                                                                             |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------|
| a, b, c | Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.    |
| x/d     | Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45 |
| C.Rid.  | Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue               |

| N°Comb | a           | b           | c            | x/d | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|-----|--------|
| 1      | 0.000000000 | 0.000048263 | -0.000431377 |     |        |

## VERIFICHE A TAGLIO

|               |                                                |
|---------------|------------------------------------------------|
| Diam. Staffe: | 12 mm                                          |
| Passo staffe: | 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm] |

|       |                                                                                                        |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver   | S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata                                               |
| Ved   | Taglio di progetto [kN] = proiezz. di $V_x$ e $V_y$ sulla normale all'asse neutro                      |
| Vcd   | Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]                            |
| Vwd   | Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]                                           |
| d   z | Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro   Braccio coppia interna [cm]            |
|       | La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna))                      |
|       | I pesi della media sono le lunghezze delle strisce.(Sono escluse le strisce totalmente non compresse). |
| bw    | Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro                            |
|       | E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.                            |
| Ctg   | Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo                                     |

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                                   | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>48 di 62 |

Acw            Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast            Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
 A.Eff          Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
                  Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
                  L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
                  ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

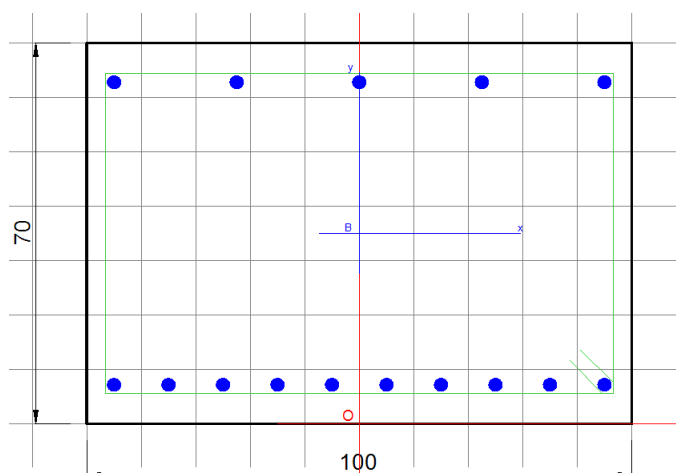
| N°Comb | Ver | Ved    | Vcd    | Vvd     | d   z      | bw   | Ctg   | Acw   | Ast | A.Eff     |
|--------|-----|--------|--------|---------|------------|------|-------|-------|-----|-----------|
| 1      | S   | 210.80 | 885.36 | 1364.13 | 59.8  50.0 | 72.5 | 2.500 | 1.000 | 4.3 | 27.9(0.0) |

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                           | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 49 di 62 |

### 10.3 Verifica strutturale paramento

Dal modello di Paratie Plus si ricavano i valori delle sollecitazioni alla base del paramento del muro per eseguire le verifiche allo SLU e SLV:

|     | Sollecitazioni a metro lineare |             |
|-----|--------------------------------|-------------|
|     | M<br>(kNm/m)                   | T<br>(kN/m) |
| SLE | 173.7                          | -           |
| SLU | 228.4                          | 110.6       |
| SLV | 458.3                          | 175.7       |



La sezione viene armata con un ordine di 10  $\phi 20$  posti inferiormente e 5  $\phi 20$  posti superiormente.

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                         |         |          |               |      |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b><br><b>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</b> |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                                      | COMMESSA                                                                                                                                                                                                                | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                                              | RS3T                                                                                                                                                                                                                    | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 50 di 62 |

### 10.3.1 Verifica a pressoflessione – condizioni statiche

#### DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE IN C.A.

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                               |                     |
|----------------|-----------------------------------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                                       | C32/40              |
|                | Resistenza compress. di progetto fcd:         | 18.81 MPa           |
|                | Resistenza compress. ridotta fcd':            | 9.41 MPa            |
|                | Deform. unitaria max resistenza ec2:          | 0.0020              |
|                | Deformazione unitaria ultima ecu:             | 0.0035              |
|                | Diagramma tensioni-deformaz.:                 | Parabola-Rettangolo |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:                   | 33642.8 MPa         |
|                | Resis. media a trazione fctm:                 | 3.10 MPa            |
|                | Coeff.Omogen. S.L.E.:                         | 15.00               |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                  | 19.9 MPa            |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:             | 19.9 MPa            |
|                | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:     | 0.400 mm            |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:          | 14.9 MPa            |
|                | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:          | 0.300 mm            |
| ACCIAIO -      | Tipo:                                         | B450C               |
|                | Resist. caratt. a snervamento fyk:            | 450.0 MPa           |
|                | Resist. caratt. a rottura ftk:                | 450.0 MPa           |
|                | Resist. a snerv. di progetto fyd:             | 391.3 MPa           |
|                | Resist. ultima di progetto ftd:               | 391.3 MPa           |
|                | Deform. ultima di progetto Epu:               | 0.068               |
|                | Modulo Elastico Ef:                           | 200000.0 MPa        |
|                | Diagramma tensioni-deformaz.:                 | Bilineare finito    |
|                | Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \beta_2$ :   | 1.00                |
|                | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ : | 0.50                |
|                | Comb.Rare - Sf Limite:                        | 360.0 MPa           |

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

|                                |       |            |
|--------------------------------|-------|------------|
| Base:                          | 100.0 | cm         |
| Altezza:                       | 70.0  | cm         |
| Barre inferiori:               | 10Ø20 | (31.4 cm²) |
| Barre superiori:               | 5Ø20  | (15.7 cm²) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 7.2   | cm         |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 7.2   | cm         |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 5.0   | cm         |

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

|    |                                                                       |
|----|-----------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.) |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione       |

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                           | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 51 di 62 |

VY con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione  
MT Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale  
Momento torcente [kN m]

| N°Comb. | N    | Mx     | Vy     | MT   |
|---------|------|--------|--------|------|
| 1       | 0.00 | 228.40 | 110.60 | 0.00 |

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [kNm] 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       | 0.00 | 173.70 |

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [kNm] 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       | 0.00 | 173.70 (308.55) |

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [kNm] 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       | 0.00 | 173.70 (308.55) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

|                                              |     |    |
|----------------------------------------------|-----|----|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 4.0 | cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 8.0 | cm |
| Copriferro netto minimo staffe:              | 2.8 | cm |

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

|          |                                                                                                                          |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                                                 |
| N        | Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)                                                 |
| Mx       | Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico                                                       |
| N Ult    | Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)                                     |
| Mx rd    | Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico                                                         |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)<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) § 4.1.2.1.2.1 NTC: deve essere < 0.45                                               |
| C.Rid.   | Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]                                                         |
| As Tesa  | Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)                                 |

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                           | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 52 di 62 |

| N°Comb | Ver | N    | Mx     | N rd  | Mx rd  | Mis.Sic. | Yn   | x/d  | C.Rid. | As Tesa     |
|--------|-----|------|--------|-------|--------|----------|------|------|--------|-------------|
| 1      | S   | 0.00 | 228.40 | -0.18 | 730.23 | 3.197    | 62.4 | 0.12 | 0.70   | 31.4 (11.2) |

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|        |                                                                        |
|--------|------------------------------------------------------------------------|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo 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 | 70.0   | 0.00021 | 62.8   | -0.02524 | 7.2    |

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

|                           |      |       |                                        |
|---------------------------|------|-------|----------------------------------------|
| Diametro staffe/legature: | 12   | mm    |                                        |
| Passo staffe:             | 15.0 | cm    | [Passo massimo di normativa = 15.1 cm] |
| N.Bracci staffe:          | 2    |       |                                        |
| Area staffe/m :           | 15.1 | cm²/m | [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm²/m]  |

#### VERIFICHE A TAGLIO

|      |                                                                                            |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver  | S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata                               |
| Ved  | Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)                          |
| Vrd  | Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]                          |
| Vcd  | Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]                |
| Vwd  | Taglio trazione resistente [kN] 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 calcestruzzo                         |
| Acw  | Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione                       |
| Ast  | Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]                    |

| N°Comb | Ver | Ved    | Vrd    | Vcd     | Vwd    | bw d        | Ctg   | Acw   | Ast |
|--------|-----|--------|--------|---------|--------|-------------|-------|-------|-----|
| 1      | S   | 110.60 | 300.78 | 1833.01 | 833.76 | 100.0  62.8 | 2.500 | 1.000 | 2.0 |

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

|         |                                                                                                                                                            |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver     | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                                                                                   |
| Sc max  | Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])                                                                                    |
| Yc max  | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)                                                                                          |
| Sc min  | Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])                                                                                     |
| Yc min  | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)                                                                                          |
| Ss min  | Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]                                                                                                         |
| Ys min  | Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)                                                                                          |
| Dw Eff. | Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre                                                                                 |
| Ac eff. | Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)                                                                                     |
| As eff. | Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)                                                                              |
| D barre | Distanza in cm tra le barre tese efficaci.<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 | Ss min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                         |         |          |               |      |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b><br><b>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</b> |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                                      | COMMESSA                                                                                                                                                                                                                | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                                              | RS3T                                                                                                                                                                                                                    | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 53 di 62 |

|   |   |      |      |      |      |       |      |      |      |      |     |
|---|---|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-----|
| 1 | S | 2.82 | 70.0 | 0.00 | 51.1 | -98.1 | 62.8 | 17.0 | 1702 | 31.4 | 9.5 |
|---|---|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-----|

#### 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; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC            |
| Kt      | fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2                                                             |
| e sm    | Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es    |
| srm     | Distanza massima in mm tra le fessure                                                                               |
| wk      | Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite. |
| M fess. | Momento di prima fessurazione [kNm]                                                                                 |

| N°Comb | Ver | e1       | e2      | K2   | Kt   | e sm                | srm | wk             | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|----------------|---------|
| 1      | S   | -0.00057 | 0.00021 | 0.50 | 0.60 | 0.000294 (0.000294) | 395 | 0.116 (990.00) | 308.55  |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Ss min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.82   | 70.0   | 0.00   | 51.1   | -98.1  | 62.8   | 17.0    | 1702    | 31.4    | 9.5     |

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

| N°Comb | Ver | e1       | e2      | K2   | Kt   | e sm                | srm | wk           | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1      | S   | -0.00057 | 0.00021 | 0.50 | 0.60 | 0.000294 (0.000294) | 395 | 0.116 (0.40) | 308.55  |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Ss min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.82   | 70.0   | 0.00   | 51.1   | -98.1  | 62.8   | 17.0    | 1702    | 31.4    | 9.5     |

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

| N°Comb | Ver | e1       | e2      | K2   | Kt   | e sm                | srm | wk           | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1      | S   | -0.00057 | 0.00021 | 0.50 | 0.40 | 0.000294 (0.000294) | 395 | 0.116 (0.30) | 308.55  |

|                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                           |         |          |               |      |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <div><div><b>ITALFERR</b><br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</div></div> | <div>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br/>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br/>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br/>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</div> |         |          |               |      |          |
| <div>NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br/>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO</div>                                                                             | COMMESSA                                                                                                                                                                                                  | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                                                                 | RS3T                                                                                                                                                                                                      | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 54 di 62 |

### 10.3.2 Verifica a pressoflessione – condizioni sismiche

#### DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE IN C.A.

|                               |                                              |
|-------------------------------|----------------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                              |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze in campo sostanzialmente elastico |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                                       |
| Tipologia sezione:            | Sezione predefinita di Trave                 |
| Forma della sezione:          | Rettangolare                                 |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante                      |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                           |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                       |                     |
|----------------|---------------------------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                               | C32/40              |
|                | Resistenza compress. di progetto fcd: | 18.81 MPa           |
|                | Resistenza compress. ridotta fcd':    | 9.41 MPa            |
|                | Deform. unitaria max resistenza ec2:  | 0.0020              |
|                | Deformazione unitaria ultima ecu:     | 0.0035              |
|                | Diagramma tensioni-deformaz.:         | Parabola-Rettangolo |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:           | 33642.8 MPa         |
|                | Resis. media a trazione fctm:         | 3.10 MPa            |
| ACCIAIO -      | Tipo:                                 | B450C               |
|                | Resist. caratt. a snervamento fyk:    | 450.0 MPa           |
|                | Resist. caratt. a rottura ftk:        | 450.0 MPa           |
|                | Resist. a snerv. di progetto fyd:     | 391.3 MPa           |
|                | Resist. ultima di progetto ftd:       | 391.3 MPa           |
|                | Deform. ultima di progetto Epu:       | 0.068               |
|                | Modulo Elastico Ef:                   | 200000.0 MPa        |
|                | Diagramma tensioni-deformaz.:         | Bilineare finito    |

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

|                                |       |            |
|--------------------------------|-------|------------|
| Base:                          | 100.0 | cm         |
| Altezza:                       | 70.0  | cm         |
| Barre inferiori:               | 10Ø20 | (31.4 cm²) |
| Barre superiori:               | 5Ø20  | (15.7 cm²) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 7.2   | cm         |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 7.2   | cm         |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 5.0   | cm         |

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

|         |                                                                                                                                         |        |        |      |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|------|
| N       | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)                                                                   |        |        |      |
| Mx      | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione<br>con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |        |        |      |
| Vy      | Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale                                                                     |        |        |      |
| MT      | Momento torcente [kN m]                                                                                                                 |        |        |      |
| N°Comb. | N                                                                                                                                       | Mx     | Vy     | MT   |
| 1       | 0.00                                                                                                                                    | 458.30 | 175.70 | 0.00 |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                           | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 55 di 62 |

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|                                              |     |    |
|----------------------------------------------|-----|----|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 4.0 | cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 8.0 | cm |
| Copriferro netto minimo staffe:              | 2.8 | cm |

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

|          |                                                                                                                               |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                                                      |
| N        | Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)                                                      |
| Mx       | Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico                                                            |
| N Ult    | Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)                                          |
| Mx re    | Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] 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 $\geq 1.000$ |
| 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) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere $< 0.45$                                                |
| C.Rid.   | Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]                                                              |
| As Tesa  | Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)                                      |

| N°Comb | Ver | N    | Mx     | N re | Mx re | Mis.Sic. | Yn   | x/d  | C.Rid. | As Tesa     |
|--------|-----|------|--------|------|-------|----------|------|------|--------|-------------|
| 1      | S   | 0.00 | 458.30 |      |       | 1.519    | 52.5 | 0.28 | 0.79   | 31.4 (11.2) |

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

|        |                                                                        |
|--------|------------------------------------------------------------------------|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo 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      | 0.00076 | 70.0   | 0.00045 | 62.8   | -0.00196 | 7.2    |

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

|                           |      |       |                                        |
|---------------------------|------|-------|----------------------------------------|
| Diametro staffe/legature: | 12   | mm    |                                        |
| Passo staffe:             | 15.0 | cm    | [Passo massimo di normativa = 15.1 cm] |
| N.Bracci staffe:          | 2    |       |                                        |
| Area staffe/m :           | 15.1 | cm²/m | [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm²/m]  |

#### VERIFICHE A TAGLIO

|      |                                                                                            |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver  | S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata                               |
| Ved  | Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)                          |
| Vrd  | Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23) NTC]                         |
| Vcd  | Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28) NTC]               |
| Vwd  | Taglio trazione resistente [kN] 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 calcestruzzo                         |
| Acw  | Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione                       |
| Ast  | Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]                    |

| N°Comb | Ver | Ved    | Vrd    | Vcd     | Vwd    | bw d        | Ctg   | Acw   | ASt |
|--------|-----|--------|--------|---------|--------|-------------|-------|-------|-----|
| 1      | S   | 175.70 | 300.78 | 1833.01 | 833.76 | 100.0  62.8 | 2.500 | 1.000 | 3.2 |

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                         |                  |                |                            |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b><br><b>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</b> |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO           | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                                                        | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>56 di 62 |

#### 10.4 Verifica strutturale paramento – urto

In testa al muro è presente un'opera di protezione all'urto: le sollecitazioni agenti in testa all'opera sono:

- carico verticale dovuto al peso del parapetto N = 3.5 kN/m
- sforzo orizzontale urto H = 11.76 kN/m
- momento urto M = 58.8 kNm/m

| Carichi    | Effetto     | Coeff. Parziale | EQU  | A1 (STR) | A2 (GEO) | SLE  | NTC2018 |
|------------|-------------|-----------------|------|----------|----------|------|---------|
| Permanenti | favorevole  | $\gamma_G$      | 0.90 | 1.00     | 1.00     | 1.00 | 1.00    |
|            | sfavorevole |                 | 1.10 | 1.30     | 1.00     | 1.00 | 1.00    |
| Variabili  | favorevole  | $\gamma_Q$      | 0.00 | 0.00     | 0.00     | 0.00 | 0.00    |
|            | sfavorevole |                 | 1.50 | 1.50     | 1.30     | 1.00 | 1.00    |

| Parametro              |                   | Coeff. Parziale  | M1   | M2   | SLE  | NTC2018 |
|------------------------|-------------------|------------------|------|------|------|---------|
| angolo d'attrito       | $\tan \varphi'_k$ | $\gamma_\varphi$ | 1.00 | 1.25 | 1.00 | 1.00    |
| coesione               | $c'_k$            | $\gamma_{c'}$    | 1.00 | 1.25 | 1.00 | 1.00    |
| resistenza non drenata | $c_{uk}$          | $\gamma_{cu}$    | 1.00 | 1.40 | 1.00 | 1.00    |
| peso unità di volume   | $\gamma$          | $\gamma_\gamma$  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00    |

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                   | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                           | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 57 di 62 |

|                               |                                                        |                                                                            | valori caratteristici<br>SLE | valori di progetto |       |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------|-------|
|                               |                                                        |                                                                            |                              | STR/GEO            | EQU   |
| <b><u>Dati Geotecnici</u></b> |                                                        |                                                                            |                              |                    |       |
| Dati Terrapieno               | Angolo di attrito del terrapieno                       | (°)                                                                        | $\phi'$                      | 35.00              | 35.00 |
|                               | Peso Unità di Volume del terrapieno                    | (kN/m <sup>3</sup> )                                                       | $\gamma'$                    | 19.00              | 19.00 |
|                               | Angolo di attrito terreno-superficie ideale            | (°)                                                                        | $\delta$                     | 0.00               | 0.00  |
| Dati Terreno Fondazione       | Condizioni                                             | <input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate |                              |                    |       |
|                               | Coesione Terreno di Fondazione                         | (kPa)                                                                      | $c1'$                        | 22.00              | 22.00 |
|                               | Angolo di attrito del Terreno di Fondazione            | (°)                                                                        | $\phi1'$                     | 22.00              | 22.00 |
|                               | Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione         | (kN/m <sup>3</sup> )                                                       | $\gamma1$                    | 21.00              | 21.00 |
|                               | Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione     | (kN/m <sup>3</sup> )                                                       | $\gamma d$                   | 21.00              | 21.00 |
|                               | Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) | (m)                                                                        | Hs                           | 8.00               |       |
|                               | Modulo di deformazione                                 | (kN/m <sup>2</sup> )                                                       | E                            | 15000              |       |

|              |                                                      |                                                              |          |     |                                                                  |  |
|--------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------|-----|------------------------------------------------------------------|--|
| Dati Sismici | Accelerazione sismica                                | $a_g/g$                                                      | 0.096    | (-) | RIBALTAMENTO<br>$\beta_s$ 0.57<br>$k_h$ 0.09850<br>$k_v$ 0.04925 |  |
|              | Coefficiente Amplificazione Stratigrafico            | $S_S$                                                        | 1.5      | (-) |                                                                  |  |
|              | Coefficiente Amplificazione Topografico              | $S_T$                                                        | 1.2      | (-) |                                                                  |  |
|              | Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima | $\beta_s$                                                    | 0.38     | (-) |                                                                  |  |
|              | Coefficiente sismico orizzontale                     | $k_h$                                                        | 0.065664 | (-) |                                                                  |  |
|              | Coefficiente sismico verticale                       | $k_v$                                                        | 0.0328   | (-) |                                                                  |  |
|              | Muro libero di traslare o ruotare                    | <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no |          |     |                                                                  |  |

|                        |                                          |           | STR/GEO | RIB   |
|------------------------|------------------------------------------|-----------|---------|-------|
| Coefficienti di Spinta | Coeff. di Spinta Attiva Statico          | $k_a$     | 0.271   | 0.271 |
|                        | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +  | $k_{as+}$ | 0.306   | 0.324 |
|                        | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -  | $k_{as-}$ | 0.308   | 0.330 |
|                        | Coeff. Di Spinta Passiva                 | $k_p$     | 2.198   | 2.198 |
|                        | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma + | $k_{ps+}$ | 2.101   | 2.052 |
|                        | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma - | $k_{ps-}$ | 2.094   | 2.036 |

|                              |                                                                                               |                      | valori caratteristici<br>SLE - sisma | valori di progetto                  |       |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------|
|                              |                                                                                               |                      |                                      | STR/GEO                             | EQU   |
| <b><u>Carichi Agenti</u></b> |                                                                                               |                      |                                      |                                     |       |
| Carichi permanenti           | Sovraccarico permanente                                                                       | (kN/m <sup>2</sup> ) | qp                                   | 0.00                                | 0.00  |
|                              | Sovraccarico su zattera di monte <input checked="" type="radio"/> sì <input type="radio"/> no |                      |                                      |                                     |       |
|                              | Forza Orizzontale in Testa permanente                                                         | (kN/m)               | fp                                   | 0.00                                | 0.00  |
|                              | Forza Verticale in Testa permanente                                                           | (kN/m)               | vp                                   | 3.50                                | 3.50  |
| Condizioni Statiche          | Momento in Testa permanente                                                                   | (kNm/m)              | mp                                   | 0.00                                | 0.00  |
|                              | Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche                                               | (kN/m <sup>2</sup> ) | q                                    | 0.00                                | 0.00  |
|                              | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche                                 | (kN/m)               | f                                    | 11.76                               | 11.76 |
|                              | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche                                   | (kN/m)               | v                                    | 0.00                                | 0.00  |
|                              | Momento in Testa accidentale in condizioni statiche                                           | (kNm/m)              | m                                    | 58.80                               | 58.80 |
| Condizioni Sismiche          | Coefficienti di combinazione condizione frequente $\Psi1$                                     |                      | 1.00                                 | condizione quasi permanente $\Psi2$ | 0.00  |
|                              | Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche                                               | (kN/m <sup>2</sup> ) | qs                                   | 0.00                                |       |
|                              | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche                                 | (kN/m)               | fs                                   | 0.00                                |       |
|                              | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche                                   | (kN/m)               | vs                                   | 0.00                                |       |
|                              | Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche                                           | (kNm/m)              | ms                                   | 0.00                                |       |

|                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         |         |          |               |      |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
|  <p><b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</b></p> | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b><br><b>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</b> |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                              | COMMESSA                                                                                                                                                                                                                | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                                      | RS3T                                                                                                                                                                                                                    | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 58 di 62 |

## 10.4.1 Calcolo delle sollecitazioni

### CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

#### Reazione del terreno

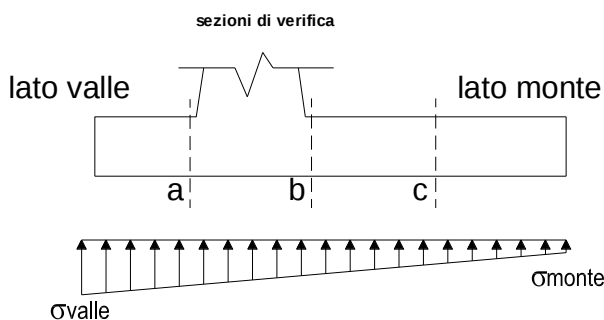
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 1.20 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 0.24 \quad (m^3)$$

| caso    | N<br>[kN] | M<br>[kNm] | $\sigma_{valle}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\sigma_{monte}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|---------|-----------|------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| statico | 167.30    | 427.10     | -57.11                                   | 0.00                                     |
| sisma+  | 167.30    | 427.10     | -57.11                                   | 0.00                                     |
|         | 172.68    | 370.18     | -74.57                                   | 0.00                                     |
| sisma-  | 172.68    | 370.18     | -74.57                                   | 0.00                                     |
|         | 161.92    | 351.88     | -68.62                                   | 0.00                                     |
|         | 161.92    | 351.88     | -68.62                                   | 0.00                                     |



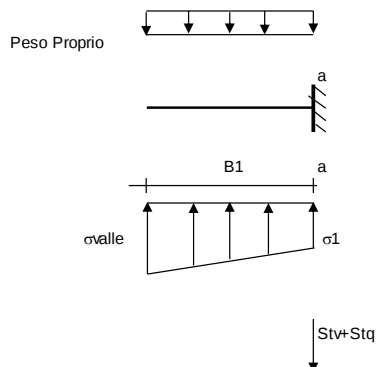
#### Mensola Lato Valle

$$\text{Peso Proprio. } PP = 25.00 \quad (kN/m)$$

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_a = \sigma_1 \cdot B + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B / 2 - PP \cdot B \cdot (1 \pm kv)$$

| caso    | $\sigma_{valle}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\sigma_1$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $M_a$<br>[kNm] | $V_a$<br>[kN] |
|---------|------------------------------------------|------------------------------------|----------------|---------------|
| statico | -57.11                                   | -59.06                             | 359.68         | 162.30        |
|         | -57.11                                   | -59.06                             | 359.68         | 162.30        |
| sisma+  | -74.57                                   | -77.79                             | 300.59         | 167.51        |
|         | -74.57                                   | -77.79                             | 300.61         | 167.51        |
| sisma-  | -68.62                                   | -71.53                             | 286.62         | 156.76        |
|         | -68.62                                   | -71.53                             | 286.61         | 156.76        |



#### Mensola Lato Monte

$$PP = 25.00 \quad (kN/m^2) \quad \text{peso proprio soletta fondazione}$$

$$PD = 0.00 \quad (kN/m) \quad \text{peso proprio dente}$$

|     | Nmin   | N max stat | N max sism |                      |
|-----|--------|------------|------------|----------------------|
| pm  | 114.00 | 114.00     | 114.00     | (kN/m <sup>2</sup> ) |
| pvb | 114.00 | 114.00     | 114.00     | (kN/m <sup>2</sup> ) |
| pvc | 114.00 | 114.00     | 114.00     | (kN/m <sup>2</sup> ) |

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 b - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 +$$

$$-(Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp \cdot H2 / 2$$

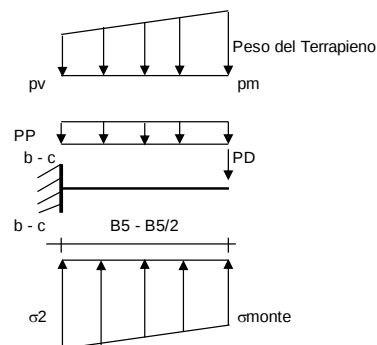
$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B^2 / 2) + (\sigma_2 c - \sigma_{monte}) \cdot (B^2 / 2) / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 / 2) / 3 +$$

$$-(Stv + Sqv) \cdot (B^2 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp \cdot H2 / 2$$

$$V_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 b - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 2 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B^2 / 2) + (\sigma_2 c - \sigma_{monte}) \cdot (B^2 / 2) - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 / 2) - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

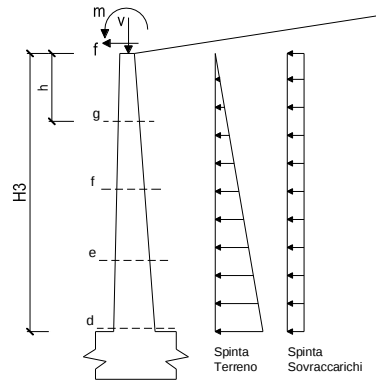
| caso    | $\sigma_{monte}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\sigma_2 b$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $M_b$<br>[kNm] | $V_b$<br>[kN] | $\sigma_2 c$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $M_c$<br>[kNm] | $V_c$<br>[kN] |
|---------|------------------------------------------|--------------------------------------|----------------|---------------|--------------------------------------|----------------|---------------|
| statico | 0.00                                     | 0.00                                 | -6.26          | -41.70        | 0.00                                 | -1.56          | -20.85        |
|         | 0.00                                     | 0.00                                 | -6.26          | -41.70        | 0.00                                 | -1.56          | -20.85        |
| sisma+  | 0.00                                     | 0.00                                 | -6.46          | -43.07        | 0.00                                 | -1.62          | -21.53        |
|         | 0.00                                     | 0.00                                 | -6.46          | -43.07        | 0.00                                 | -1.62          | -21.53        |
| sisma-  | 0.00                                     | 0.00                                 | -6.05          | -40.33        | 0.00                                 | -1.51          | -20.17        |
|         | 0.00                                     | 0.00                                 | -6.05          | -40.33        | 0.00                                 | -1.51          | -20.17        |



**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**

$$\begin{aligned}
 M_{t \text{ stat}} &= \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot h^2 \cdot h/3 \\
 M_{t \text{ sism}} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a \text{ orizz.}} \cdot (1 \pm k_v) - K_{a \text{ orizz.}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad \text{o } h/3 \\
 M_q &= \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot q \cdot h^2 \\
 M_{\text{ext}} &= m + f \cdot h \\
 M_{\text{inerzia}} &= \Sigma P m_i \cdot b_i \cdot k h \\
 N_{\text{ext}} &= v \\
 N_{\text{pp+inerzia}} &= \Sigma P m_i \cdot (1 \pm k_v) \\
 V_{t \text{ stat}} &= \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot h^2 \\
 V_{t \text{ sism}} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a \text{ orizz.}} \cdot (1 \pm k_v) - K_{a \text{ orizz.}}) \cdot h^2 \\
 V_q &= K_{a \text{ orizz.}} \cdot q \cdot h \\
 V_{\text{ext}} &= f \\
 V_{\text{inerzia}} &= \Sigma P m_i \cdot k h
 \end{aligned}$$



**condizione statica**

| sezione | h    | Mt      | Mq      | M <sub>ext</sub> | M <sub>tot</sub> | N <sub>ext</sub> | N <sub>pp</sub> | N <sub>tot</sub> |
|---------|------|---------|---------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
|         | [m]  | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m]          | [kNm/m]          | [kN/m]           | [kN/m]          | [kN/m]           |
| d-d     | 6.00 | 185.36  | 0.00    | 129.36           | 314.72           | 3.50             | 82.50           | 86.00            |
| e-e     | 4.50 | 78.20   | 0.00    | 111.72           | 189.92           | 3.50             | 57.66           | 61.16            |
| f-f     | 3.00 | 23.17   | 0.00    | 94.08            | 117.25           | 3.50             | 35.63           | 39.13            |
| g-g     | 1.50 | 2.90    | 0.00    | 76.44            | 79.34            | 3.50             | 16.41           | 19.91            |

| sezione | h    | Vt     | Vq     | V <sub>ext</sub> | V <sub>tot</sub> |
|---------|------|--------|--------|------------------|------------------|
|         | [m]  | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m]           | [kN/m]           |
| d-d     | 6.00 | 92.68  | 0.00   | 11.76            | 104.44           |
| e-e     | 4.50 | 52.13  | 0.00   | 11.76            | 63.89            |
| f-f     | 3.00 | 23.17  | 0.00   | 11.76            | 34.93            |
| g-g     | 1.50 | 5.79   | 0.00   | 11.76            | 17.55            |

**condizione sismica +**

| sezione | h    | Mt <sub>stat</sub> | Mt <sub>sism</sub> | Mq      | M <sub>ext</sub> | M <sub>inerzia</sub> | M <sub>tot</sub> | N <sub>ext</sub> | N <sub>pp+inerzia</sub> | N <sub>tot</sub> |
|---------|------|--------------------|--------------------|---------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
|         | [m]  | [kNm/m]            | [kNm/m]            | [kNm/m] | [kNm/m]          | [kNm/m]              | [kNm/m]          | [kN/m]           | [kN/m]                  | [kN/m]           |
| d-d     | 6.00 | 185.36             | 30.77              | 0.00    | 0.00             | 14.77                | 230.90           | 3.50             | 85.21                   | 88.71            |
| e-e     | 4.50 | 78.20              | 12.98              | 0.00    | 0.00             | 7.90                 | 99.07            | 3.50             | 59.55                   | 63.05            |
| f-f     | 3.00 | 23.17              | 3.85               | 0.00    | 0.00             | 3.32                 | 30.34            | 3.50             | 36.79                   | 40.29            |
| g-g     | 1.50 | 2.90               | 0.48               | 0.00    | 0.00             | 0.78                 | 4.16             | 3.50             | 16.94                   | 20.44            |

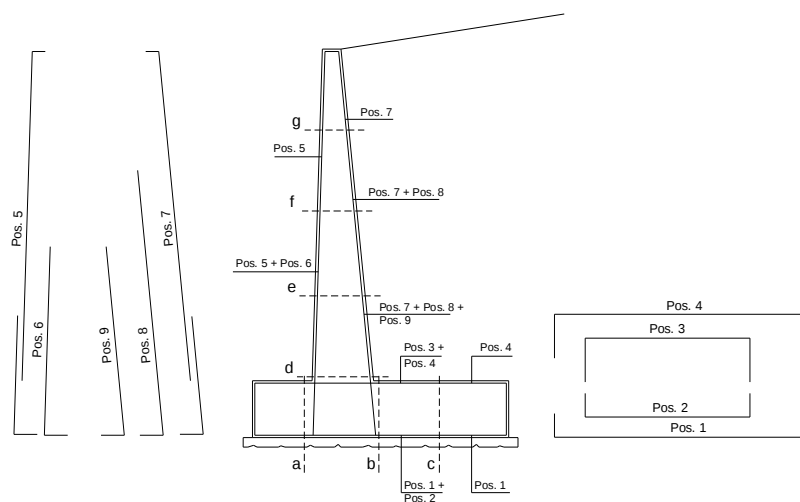
| sezione | h    | Vt <sub>stat</sub> | Vt <sub>sism</sub> | Vq     | V <sub>ext</sub> | V <sub>inerzia</sub> | V <sub>tot</sub> |
|---------|------|--------------------|--------------------|--------|------------------|----------------------|------------------|
|         | [m]  | [kN/m]             | [kN/m]             | [kN/m] | [kN/m]           | [kN/m]               | [kN/m]           |
| d-d     | 6.00 | 92.68              | 15.39              | 0.00   | 0.00             | 5.42                 | 113.48           |
| e-e     | 4.50 | 52.13              | 8.65               | 0.00   | 0.00             | 3.79                 | 64.57            |
| f-f     | 3.00 | 23.17              | 3.85               | 0.00   | 0.00             | 2.34                 | 29.36            |
| g-g     | 1.50 | 5.79               | 0.96               | 0.00   | 0.00             | 1.08                 | 7.83             |

**condizione sismica -**

| sezione | h    | Mt <sub>stat</sub> | Mt <sub>sism</sub> | Mq      | M <sub>ext</sub> | M <sub>inerzia</sub> | M <sub>tot</sub> | N <sub>ext</sub> | N <sub>pp+inerzia</sub> | N <sub>tot</sub> |
|---------|------|--------------------|--------------------|---------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
|         | [m]  | [kNm/m]            | [kNm/m]            | [kNm/m] | [kNm/m]          | [kNm/m]              | [kNm/m]          | [kN/m]           | [kN/m]                  | [kN/m]           |
| d-d     | 6.00 | 185.36             | 18.69              | 0.00    | 0.00             | 14.77                | 218.82           | 3.50             | 79.79                   | 83.29            |
| e-e     | 4.50 | 78.20              | 7.89               | 0.00    | 0.00             | 7.90                 | 93.98            | 3.50             | 55.76                   | 59.26            |
| f-f     | 3.00 | 23.17              | 2.34               | 0.00    | 0.00             | 3.32                 | 28.83            | 3.50             | 34.46                   | 37.96            |
| g-g     | 1.50 | 2.90               | 0.29               | 0.00    | 0.00             | 0.78                 | 3.97             | 3.50             | 15.87                   | 19.37            |

| sezione | h    | Vt <sub>stat</sub> | Vt <sub>sism</sub> | Vq     | V <sub>ext</sub> | V <sub>inerzia</sub> | V <sub>tot</sub> |
|---------|------|--------------------|--------------------|--------|------------------|----------------------|------------------|
|         | [m]  | [kN/m]             | [kN/m]             | [kN/m] | [kN/m]           | [kN/m]               | [kN/m]           |
| d-d     | 6.00 | 92.68              | 9.35               | 0.00   | 0.00             | 5.42                 | 107.44           |
| e-e     | 4.50 | 52.13              | 5.26               | 0.00   | 0.00             | 3.79                 | 61.18            |
| f-f     | 3.00 | 23.17              | 2.34               | 0.00   | 0.00             | 2.34                 | 27.85            |
| g-g     | 1.50 | 5.79               | 0.58               | 0.00   | 0.00             | 1.08                 | 7.45             |

**SCHEMA DELLE ARMATURE**



**ARMATURE**

| pos | n°/ml | φ  | II strato                | pos | n°/ml | φ  | II strato                           |
|-----|-------|----|--------------------------|-----|-------|----|-------------------------------------|
| 1   | 10.0  | 20 | <input type="checkbox"/> | 5   | 5.0   | 20 | <input type="checkbox"/>            |
| 2   | 0.0   | 0  | <input type="checkbox"/> | 6   | 0.0   | 0  | <input type="checkbox"/>            |
| 3   | 0     | 0  | <input type="checkbox"/> | 7   | 10.0  | 20 | <input type="checkbox"/>            |
| 4   | 5.0   | 20 | <input type="checkbox"/> | 8   | 5.0   | 20 | <input checked="" type="checkbox"/> |
|     |       |    |                          | 9   | 0.0   | 0  | <input type="checkbox"/>            |

| Sez.  | M      | N     | h    | Af                 | A'f                | Mu      |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|---------|
| (-)   | (kNm)  | (kN)  | (m)  | (cm <sup>2</sup> ) | (cm <sup>2</sup> ) | (kNm)   |
| a - a | 359.68 | 0.00  | 1.00 | 31.42              | 15.71              | 1075.21 |
| b - b | -6.46  | 0.00  | 1.00 | 15.71              | 31.42              | 560.55  |
| c - c | -1.62  | 0.00  | 1.00 | 15.71              | 31.42              | 560.55  |
| d - d | 314.72 | 86.00 | 0.70 | 47.12              | 15.71              | 1023.17 |
| e - e | 189.92 | 61.16 | 0.63 | 47.12              | 15.71              | 876.28  |
| f - f | 117.25 | 39.13 | 0.55 | 47.12              | 15.71              | 731.74  |
| g - g | 79.34  | 19.91 | 0.48 | 31.42              | 15.71              | 432.96  |

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

| Sez.  | V <sub>Ed</sub> | h    | V <sub>rd</sub> | σ staffe | i orizz. | i vert. | θ    | V <sub>Rsd</sub> |                                  |
|-------|-----------------|------|-----------------|----------|----------|---------|------|------------------|----------------------------------|
| (-)   | (kN)            | (m)  | (kN)            | (mm)     | (cm)     | (cm)    | (°)  | (kN)             |                                  |
| a - a | 167.51          | 1.00 | 358.42          | 14       | 20       | 20      | 21.8 | 3103.69          | Armatura a taglio non necessaria |
| b - b | 43.07           | 1.00 | 322.33          | 14       | 20       | 20      | 21.8 | 3103.69          | Armatura a taglio non necessaria |
| c - c | 21.53           | 1.00 | 322.33          | 14       | 20       | 20      | 21.8 | 3103.69          | Armatura a taglio non necessaria |
| d - d | 113.48          | 0.70 | 348.29          | 14       | 20       | 20      | 21.8 | 2087.20          | Armatura a taglio non necessaria |
| e - e | 64.57           | 0.63 | 324.46          | 14       | 20       | 20      | 21.8 | 1833.08          | Armatura a taglio non necessaria |
| f - f | 34.93           | 0.55 | 299.91          | 14       | 20       | 20      | 21.8 | 1578.95          | Armatura a taglio non necessaria |
| g - g | 17.55           | 0.48 | 239.99          | 14       | 20       | 20      | 21.8 | 1324.83          | Armatura a taglio non necessaria |

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             |                  |                |                            |           |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |                  |                |                            |           |                    |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                                   | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 D 78 | CODIFICA<br>CL | DOCUMENTO<br>MU 88 C 0 002 | REV.<br>A | FOGLIO<br>61 di 62 |

#### Condizione Statica

| Sez.  | M      | N     | h    | A <sub>f</sub>     | A' <sub>f</sub>    | σ <sub>c</sub>       | σ <sub>f</sub>       |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| (-)   | (kNm)  | (kN)  | (m)  | (cm <sup>2</sup> ) | (cm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) |
| a - a | 359.68 | 0.00  | 1.00 | 31.42              | 15.71              | 3.20                 | 136.93               |
| b - b | -6.26  | 0.00  | 1.00 | 15.71              | 31.42              | 0.07                 | 4.66                 |
| c - c | -1.56  | 0.00  | 1.00 | 15.71              | 31.42              | 0.02                 | 1.17                 |
| d - d | 314.72 | 86.00 | 0.70 | 47.12              | 15.71              | 4.93                 | 123.49               |
| e - e | 189.92 | 61.16 | 0.63 | 47.12              | 15.71              | 3.72                 | 86.31                |
| f - f | 117.25 | 39.13 | 0.55 | 47.12              | 15.71              | 2.96                 | 63.95                |
| g - g | 79.34  | 19.91 | 0.48 | 31.42              | 15.71              | 2.90                 | 71.38                |

#### Condizione Sismica

| Sez.  | M      | N     | h    | A <sub>f</sub>     | A' <sub>f</sub>    | σ <sub>c</sub>       | σ <sub>f</sub>       |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| (-)   | (kNm)  | (kN)  | (m)  | (cm <sup>2</sup> ) | (cm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) |
| a - a | 300.59 | 0.00  | 1.00 | 31.42              | 15.71              | 2.68                 | 114.43               |
| b - b | -6.46  | 0.00  | 1.00 | 15.71              | 31.42              | 0.07                 | 4.81                 |
| c - c | -1.62  | 0.00  | 1.00 | 15.71              | 31.42              | 0.02                 | 1.20                 |
| d - d | 230.90 | 83.29 | 0.70 | 47.12              | 15.71              | 3.64                 | 88.57                |
| e - e | 99.07  | 59.26 | 0.63 | 47.12              | 15.71              | 1.97                 | 42.22                |
| f - f | 30.34  | 37.96 | 0.55 | 47.12              | 15.71              | 0.80                 | 13.66                |
| g - g | 4.16   | 19.37 | 0.48 | 31.42              | 15.71              | 0.16                 | 1.27                 |

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                             |         |          |               |      |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------------|------|----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)<br>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b |         |          |               |      |          |
| NV65: OPERE DI PROTEZIONE AL SOLIFLUSSO<br>MU88C - RELAZIONE DI CALCOLO                                                                      | COMMESSA                                                                                                                                                                                    | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO     | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                                                                              | RS3T                                                                                                                                                                                        | 30 D 78 | CL       | MU 88 C 0 002 | A    | 62 di 62 |

**condizione Frequente**

| Sez.  | M      | N     | h    | Af                 | A'f                | $\sigma_c$           | $\sigma_f$           | wk    | w <sub>amm</sub> |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|------------------|
| (-)   | (kNm)  | (kN)  | (m)  | (cm <sup>2</sup> ) | (cm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (mm)  | (mm)             |
| a - a | 359.68 | 0.00  | 1.00 | 31.42              | 15.71              | 3.20                 | 136.93               | 0.187 | 0.200            |
| b - b | -6.26  | 0.00  | 1.00 | 15.71              | 31.42              | 0.07                 | 4.66                 | 0.009 | 0.200            |
| c - c | -1.56  | 0.00  | 1.00 | 15.71              | 31.42              | 0.02                 | 1.17                 | 0.002 | 0.200            |
| d - d | 314.72 | 86.00 | 0.70 | 47.12              | 15.71              | 4.93                 | 123.49               | 0.131 | 0.200            |
| e - e | 189.92 | 61.16 | 0.63 | 47.12              | 15.71              | 3.72                 | 86.31                | 0.087 | 0.200            |
| f - f | 117.25 | 39.13 | 0.55 | 47.12              | 15.71              | 2.96                 | 63.95                | 0.062 | 0.200            |
| g - g | 79.34  | 19.91 | 0.48 | 31.42              | 15.71              | 2.90                 | 71.38                | 0.075 | 0.200            |

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

**condizione Quasi Permanente**

| Sez.  | M      | N     | h    | Af                 | A'f                | $\sigma_c$           | $\sigma_f$           | wk    | w <sub>amm</sub> |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|------------------|
| (-)   | (kNm)  | (kN)  | (m)  | (cm <sup>2</sup> ) | (cm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (mm)  | (mm)             |
| a - a | 359.68 | 0.00  | 1.00 | 31.42              | 15.71              | 3.20                 | 136.93               | 0.187 | 0.200            |
| b - b | -6.26  | 0.00  | 1.00 | 15.71              | 31.42              | 0.07                 | 4.66                 | 0.009 | 0.200            |
| c - c | -1.56  | 0.00  | 1.00 | 15.71              | 31.42              | 0.02                 | 1.17                 | 0.002 | 0.200            |
| d - d | 185.36 | 86.00 | 0.70 | 47.12              | 15.71              | 2.94                 | 69.18                | 0.072 | 0.200            |
| e - e | 78.20  | 61.16 | 0.63 | 47.12              | 15.71              | 1.57                 | 31.88                | 0.032 | 0.200            |
| f - f | 23.17  | 39.13 | 0.55 | 47.12              | 15.71              | 0.62                 | 9.43                 | 0.009 | 0.200            |
| g - g | 2.90   | 19.91 | 0.48 | 31.42              | 15.71              | 0.12                 | 0.33                 | 0.000 | 0.200            |