

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

SOTTOVIA

SL09 - Sottovia alla viabilità di accesso al piazzale PT58

Relazione di calcolo muri d'imbocco

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 78 CL SL0900 002 A

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

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Regionale
UO Infrastrutture Sud
Dist. Lercara - Caltanissetta
Ordine degli Ingegneri Prov. di Trapani n. 1187/96

INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | PREMESSA | 4 |
| 1.1 | DESCRIZIONE DELL'OPERA..... | 4 |
| 2. | NORMATIVA DI RIFERIMENTO..... | 7 |
| 3. | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO | 7 |
| 4. | UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA..... | 8 |
| 5. | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 9 |
| 5.1 | CALCESTRUZZO | 9 |
| 5.2 | ACCIAIO IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450 C | 11 |
| 6. | INQUADRAMENTO GEOTECNICO | 12 |
| 7. | CRITERI DI VERIFICA | 14 |
| 7.1 | VERIFICHE GEOTECNICHE (SLU) IN CONDIZIONI STATICHE..... | 14 |
| 7.1.1 | VERIFICA A SCORRIMENTO | 16 |
| 7.1.2 | VERIFICA A RIBALTAMENTO | 17 |
| 7.1.3 | VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE | 17 |
| 7.1.4 | VERIFICA A STABILITÀ GLOBALE | 17 |
| 7.2 | VERIFICHE GEOTECNICHE (SLV) IN CONDIZIONI SISMICHE | 18 |
| 7.3 | VERIFICHE GEOTECNICHE (SLE) | 20 |
| 7.4 | VERIFICHE STRUTTURALI SLU | 21 |
| 7.4.1 | CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A..... | 21 |
| 7.4.2 | VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE - PRESSOFLESSIONE..... | 21 |
| 7.4.3 | VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO | 21 |
| 7.5 | VERIFICHE STRUTTURALI SLE..... | 23 |
| 7.5.1 | VERIFICHE ALLE TENSIONI | 23 |
| 7.5.2 | VERIFICHE A FESSURAZIONE | 24 |
| 8. | ANALISI DEI CARICHI | 26 |

| | | |
|--------|---|----|
| 8.1 | PESI PROPRI | 26 |
| 8.2 | CARICHI PERMANENTI | 27 |
| 8.2.1 | SPINTA DEL TERRENO | 27 |
| 8.3 | CARICHI VARIABILI..... | 29 |
| 8.3.1 | CARICHI MOBILI DA TRAFFICO..... | 29 |
| 8.4 | VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA..... | 30 |
| 8.4.1 | VITA NOMINALE..... | 30 |
| 8.4.2 | CLASSE D'USO | 30 |
| 8.4.3 | PERIODO DI RIFERIMENTO..... | 30 |
| 8.4.4 | PARAMETRI SISMICI..... | 30 |
| 9. | COMBINAZIONI DI CARICO | 35 |
| 10. | PROGETTO E VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO "TIPO 1"..... | 39 |
| 10.1 | DATI DI INPUT | 39 |
| 10.2 | CALCOLO DELLE AZIONI | 42 |
| 10.2.1 | FORZE VERTICALI E INERZIALI | 42 |
| 10.2.2 | SPINTE IN CONDIZIONE STATICA..... | 44 |
| 10.2.3 | SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA +..... | 45 |
| 10.2.4 | SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA -..... | 46 |
| 10.3 | VERIFICHE GEOTECNICHE..... | 47 |
| 10.3.1 | VERIFICA STATICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE | 47 |
| 10.3.2 | VERIFICA SISMICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE | 49 |
| 10.3.3 | VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE – COND. DRENATE..... | 53 |
| 10.4 | VERIFICHE STRUTTURALI | 56 |
| 10.4.1 | CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI | 56 |
| 10.4.2 | VERIFICHE SLU..... | 58 |

| | | |
|--------|--|----|
| 10.4.3 | VERIFICHE SLE TENSIONE..... | 60 |
| 10.4.4 | VERIFICHE SLE FESSURAZIONE | 60 |
| 11. | PROGETTO E VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO “TIPO 2”..... | 61 |
| 11.1 | DATI DI INPUT | 61 |
| 11.2 | CALCOLO DELLE AZIONI | 64 |
| 11.2.1 | FORZE VERTICALI E INERZIALI | 64 |
| 11.2.2 | SPINTE IN CONDIZIONE STATICA | 66 |
| 11.2.3 | SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA +..... | 67 |
| 11.2.4 | SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA -..... | 68 |
| 11.3 | VERIFICHE GEOTECNICHE..... | 69 |
| 11.3.1 | VERIFICA STATICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE | 69 |
| 11.3.2 | VERIFICA SISMICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE | 71 |
| 11.3.3 | VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE – COND. DRENATE..... | 75 |
| 11.4 | VERIFICHE STRUTTURALI | 79 |
| 11.4.1 | CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI | 79 |
| 11.4.2 | VERIFICHE SLU..... | 81 |
| 11.4.3 | VERIFICHE SLE TENSIONE..... | 83 |
| 11.4.4 | VERIFICHE SLE FESSURAZIONE | 83 |

1. PREMESSA

Il presente documento riguarda il dimensionamento dei muri d'imbocco al sottovia, dal km 0+067.00 al km 0+048.55 in corrispondenza della viabilità di accesso al piazzale PT58, nell'ambito del Progetto Definitivo della Diretrice 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

Il sottovia ha uno sviluppo complessivo di 18.55 m: presenta un'altezza interna netta di 5.50 m e una larghezza netta di 5 m. Alle estremità del sottovia sono presenti i muri d'ala, che variano da un'altezza massima di 5.60 m (pari alla somma dell'altezza netta dello scatolare di 5 m e della soletta superiore di 0.60 m) fino ad arrivare ad un'altezza minima di paramento pari a 1.76 m.

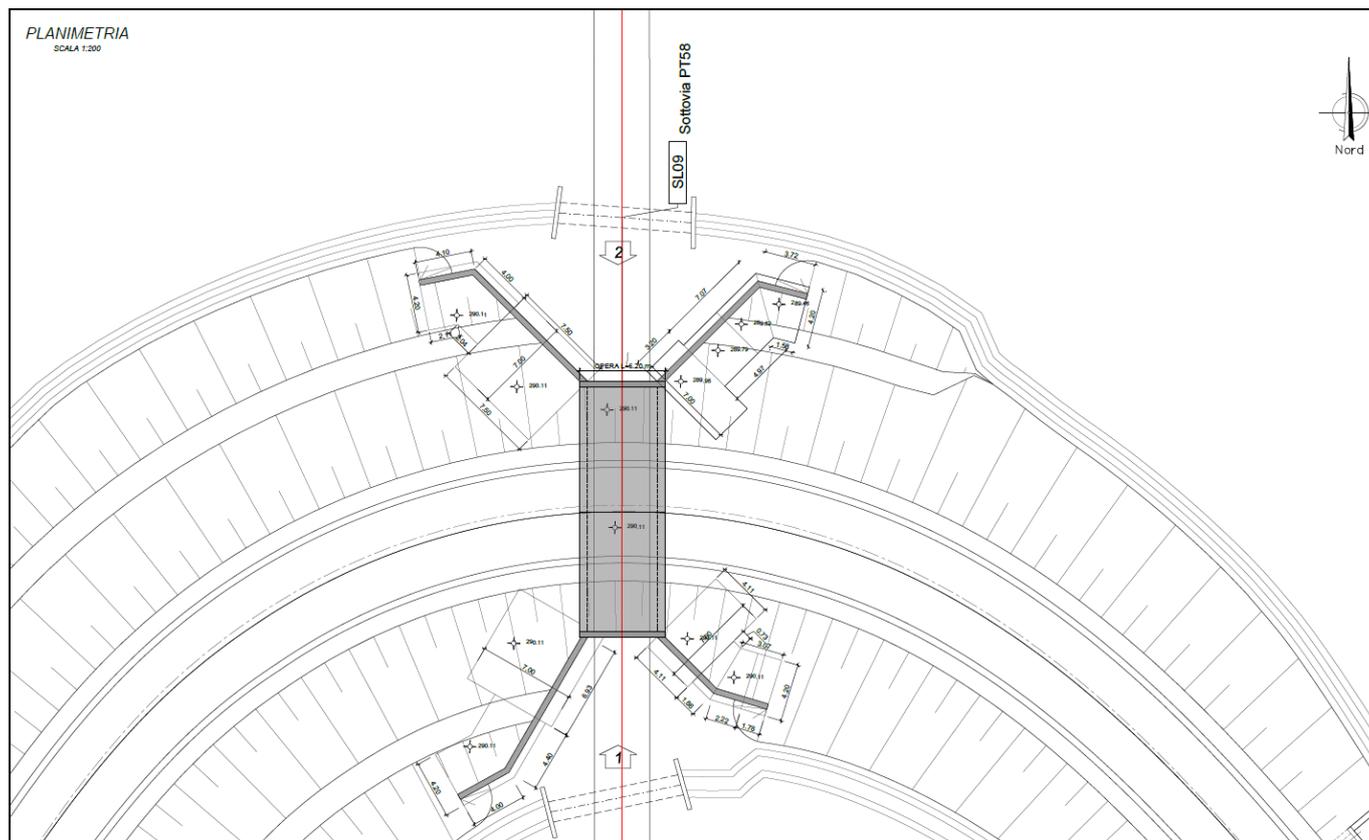


Figura 1-1 – Pianta muri d'imbocco a scatolare.

Sono state individuate due tipologie dei muri d'imbocco le cui caratteristiche sono di seguito riassunte:

- muro "tipo 1", è costituito da una fondazione del muro di lunghezza 4.20 m e spessore 0.60 m. Il ricoprimento sopra la zattera di valle è pari ad almeno 20 cm. L'altezza del paramento massima è pari a 4.00 m (Figura 1-4).

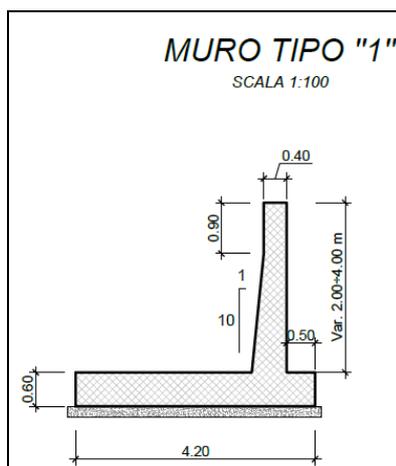


Figura 1-4 – NV58: Muro di sostegno MU83B – Sezione tipo 1.

- muro "tipo 2", è costituito da una fondazione del muro di lunghezza 5.50 m e spessore 1.00 m. Il ricoprimento sopra la zattera di valle è pari ad almeno 20 cm. L'altezza del paramento massima è pari a 6.00 m (Figura 1-5).

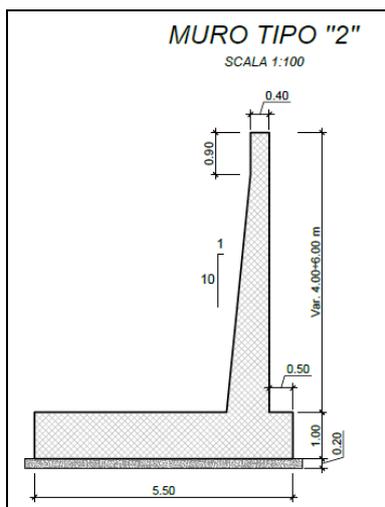


Figura 1-5 – NV58: Muro di sostegno MU83B – Sezione tipo 2.

Di seguito si svolgerà la verifica per ogni tipo di muro precedentemente descritto caratterizzato dall'altezza di paramento massima.

|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B</p> | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|---------------|---|---------|
| <p>SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>SL 09 0 0 002</td> <td>A</td> <td>7 di 83</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 7 di 83 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 7 di 83 | | | | | | | | |

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.P8.SL.09.0.0.001: "*SL09 Sottovia alla viabilità di accesso al piazzale - 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.00.0.0.009: "*Profilo geotecnico linea*".

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

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:

| | | |
|------------------|---------------------------|----------------------|
| γ (gamma) | peso dell'unità di volume | (kN/m ³) |
| σ (sigma) | tensione normale | (N/mm ²) |

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

| | | | |
|-------------------------|----------------------|------------------------|---|
| τ (tau) | tensione tangenziale | (N / mm ²) | |
| ε (epsilon) | deformazione | (m/m) | - |
| ϕ (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;

Rck = resistenza cubica = 40 N/mm²;

fck = resistenza cilindrica caratteristica = 0.83 Rck = 33.20 N/ mm²;

fcm = resistenza cilindrica media = fck + 8 = 41.20 N/ mm²;

fcd = acc fck/ γ_c = 18,81 N/mm²;

fctm = resistenza a trazione media = 0.30 x fck^{2/3} = 3.10 N/ mm²;

fcfm = resistenza a traz. per flessione media = 1.20 x fctm = 3.72 N/ mm²;

fcfk = resistenza a traz. per flessione carati. = 0.70 x fcfm = 2.60 N/ mm²;

Ecm = modulo elast. tra 0 e 0.40fcm = 22000 x (fcm/10)^{0.3} = 33642.78 N/ mm²;

Tolleranza di posa del copriferro = 10 mm;

Classe di esposizione XC4

Copriferro minimo c_{min} = 50 mm

Condizioni ambientali: aggressive

|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|---------------|---|----------|
| SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>SL 09 0 0 002</td> <td>A</td> <td>10 di 83</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 10 di 83 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 10 di 83 | | | | | | | | |

CALCOLO COPRIFERRO - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC 2018

- Elemento strutturale: fondazione ed elevazione muro di sostegno – muro tipo 1

| | | |
|--|------------|-------------|
| Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali: | 20 | [mm] |
| Diametro staffe: | 10 | [mm] |
| Classe Calcestruzzo: | C32/40 | |
| Condizioni ambientali: | Aggressive | |
| Vita nominale costruzione: | 75 | [anni] |
| Tolleranza di posa: | 10 | [mm] |
| Copriferro staffe: | | |
| Copriferro minimo c_{min} : | 40 | [mm] |
| Copriferro nominale Netto Staffe: | 50 | [mm] |
| Copriferro barre longitudinali: | | |
| Copriferro nominale Netto barre longitudinali: | 70 | [mm] |
| Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale: | 80 | [mm] |

5.2 ACCIAIO IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450 C

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

| | |
|--------------|-----------------------|
| $f_{v\ nom}$ | 450 N/mm ² |
| $f_{t\ nom}$ | 540 N/mm ² |

Tabella 5-1 Tensioni caratteristiche acciaio.

E deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella:

| CARATTERISTICHE | REQUISITI | FRATTILE (%) |
|---|-------------------|--------------|
| Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} | $\geq f_{v\ nom}$ | 5.0 |
| Tensione caratteristica di rottura f_{tk} | $\geq f_{t\ nom}$ | 5.0 |
| $(f_t/f_y)_k$ | $\geq 1,15$ | 10.0 |
| $(f_v/f_{vnom})_k$ | $< 1,35$ | 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 ϕ | |
| $12 \leq \phi \leq 16\ mm$ | 5 ϕ | |
| per $16 < \phi \leq 25\ mm$ | 8 ϕ | |
| per $25 < \phi \leq 40\ mm$ | 10 ϕ | |

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:

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

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 [m] | a [m] | γ [kN/m ³] | c'_k [kPa] | ϕ'_k [°] |
|---------------------------|-----------|----------|----------------------------------|-----------------|------------------|
| C | 0.00 | 5 | 19 | 3 | 20 |
| FYN4 | 5 | - | 21 | 18 | 21 |

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

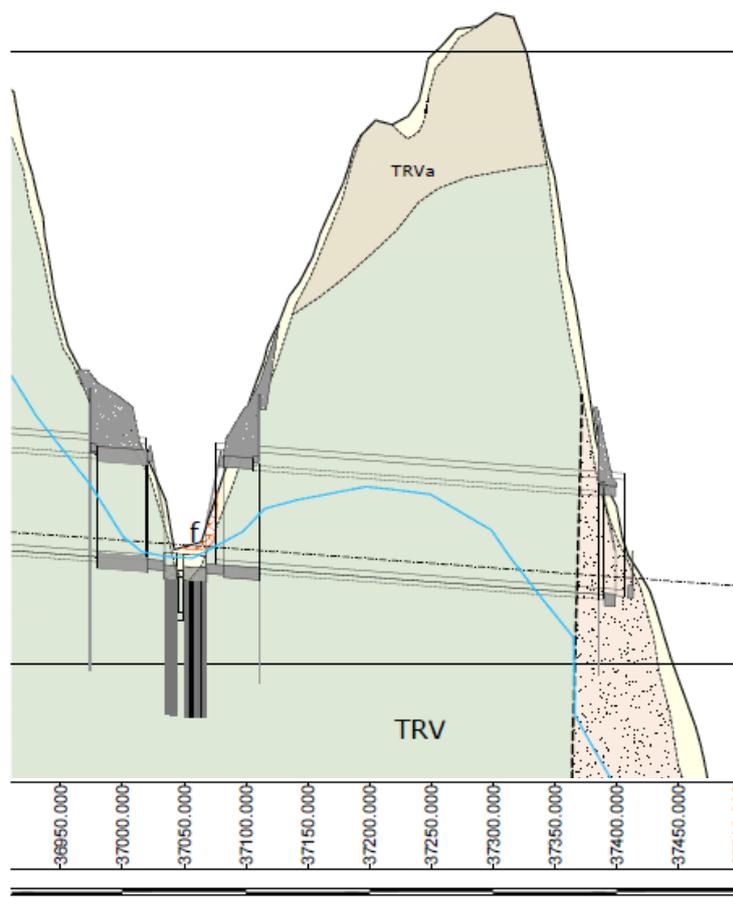


Figura 6-1 – Stralcio del profilo geotecnico.

|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B</p> | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|---------------|---|----------|
| <p>SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>SL 09 0 0 002</td> <td>A</td> <td>13 di 83</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 13 di 83 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 13 di 83 | | | | | | | | |

I parametri geotecnici sono stati valutati in corrispondenza del tratto che ricade intorno alla progressiva 38+150 km, dove la linea è più prossima al sottovia.

La falda è posta ad una profondità superiore a 5 m dal piano campagna, pertanto non viene considerata nei calcoli.

Per le caratteristiche del rilevato stradale si assumono i seguenti parametri:

- peso volume $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$;
- angolo d'attrito, $\varphi' = 35^\circ$;
- coesione efficace $c' = 0 \text{ kPa}$.

|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|---------------|---|----------|
| SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>SL 09 0 0 002</td> <td>A</td> <td>14 di 83</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 14 di 83 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 14 di 83 | | | | | | | | |

7. CRITERI DI VERIFICA

7.1 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLU) IN CONDIZIONI STATICHE

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

Per i **muri di sostegno su fondazione diretta** si considerano i seguenti Stati Limite Ultimi:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- Scorrimento sul piano di posa;
- Collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
- Ribaltamento;
- Stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

SLU di tipo strutturale (STR)

- Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al §6.8 delle NTC2018, secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I delle NTC18.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2 con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II e 6.4.VI delle NTC18.

Il progetto e la verifica dei muri di sostegno sono stati effettuati con l'ausilio di fogli di calcolo nei quali vengono implementate tutte le caratteristiche geometriche dei muri insieme ai parametri di resistenza geotecnica.

Per ogni tipologia di muro di sostegno studiata, si è verificato che le caratteristiche geometriche siano tali che il muro possa essere considerato a mensola con suola lunga (vedere Figura 7-1), così come previsto al §3.10.3.3. del Manuale di Progettazione delle Opere Civili (RFI DTC SI MA IFS 001 C).

Si è considerato, pertanto, che la spinta sull'opera di sostegno agisca sul piano verticale cd, assunto come il paramento virtuale del muro.

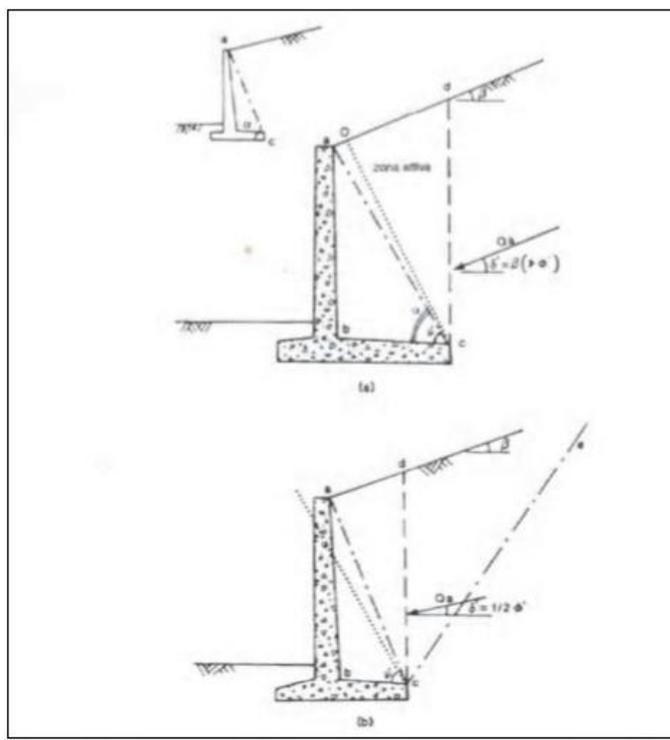


Figura 7-1 – Spinta sui muri di sostegno a mensola con suola lunga (caso a) e con suola corta (caso b).

Su tale paramento l'angolo di inclinazione δ della risultante della spinta (applicata ad $1/3$ dell'altezza del paramento virtuale) si potrà assumere uguale all'angolo di inclinazione β del terrapieno, a meno che β non sia superiore all'angolo di resistenza al taglio del terreno φ' , nel qual caso si potrà assumere $\delta = \varphi'$.

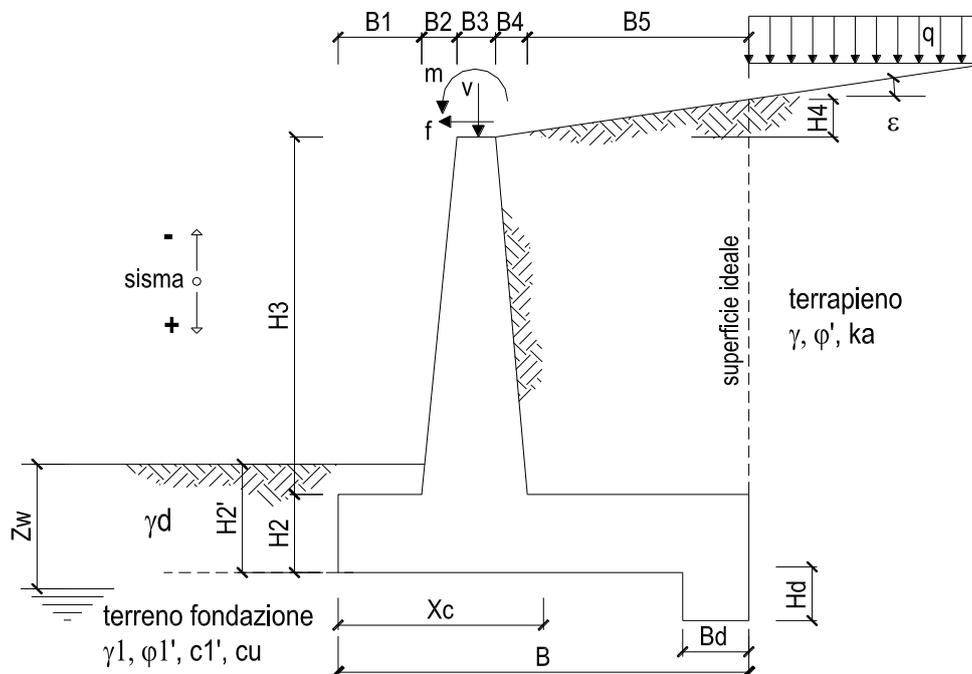
Il terreno al di sopra della suola (abcd) è stato considerato stabilizzante nelle verifiche, e ad esso sono da applicarsi le forze d'inerzia in fase sismica.

Inoltre nella verifica a scorrimento e a ribaltamento dei muri di sostegno viene trascurata la resistenza passiva antistante il muro.

Nel nostro caso l'angolo di attrito fondazione-terreno nelle verifiche a scorrimento è pari a

$$\varphi'_{cv} = \arctan(\tan \varphi')$$

Le caratteristiche geometriche sono riportate sinteticamente nel seguente schema:



7.1.1 VERIFICA A SCORRIMENTO

La verifica dell'equilibrio allo stato limite di scorrimento viene condotta confrontando l'azione resistente R_h , pari al prodotto della risultante delle forze verticali per il coefficiente d'attrito con l'azione instabilizzante, pari alla risultante di tutte le componenti orizzontali delle forze agenti sul muro.

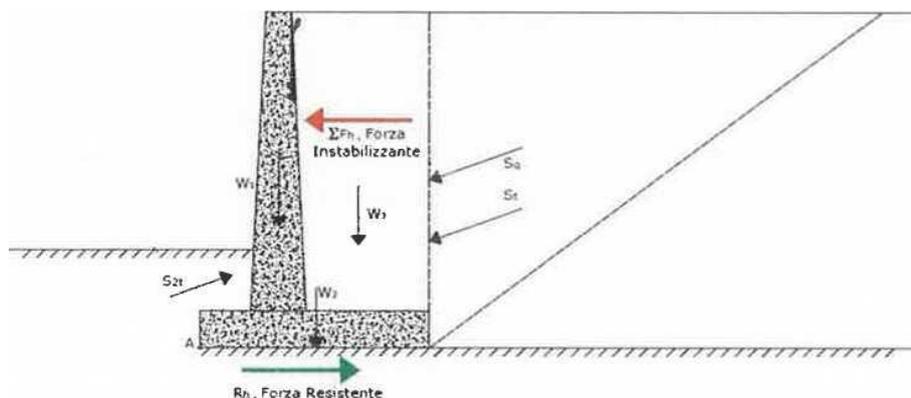


Figura 7-2 – Verifica a scorrimento.

In condizioni sismiche, ai fini del dimensionamento, si fa riferimento ad un sisma agente da monte verso valle del muro, in direzione orizzontale, dal basso verso l'alto e dall'alto verso il basso, in direzione verticale.

7.1.2 VERIFICA A RIBALTAMENTO

L'equilibrio allo stato limite è condotto confrontando il momento delle forze stabilizzanti e quello delle forze ribaltanti, entrambi rispetto all'estremo A di valle della fondazione.

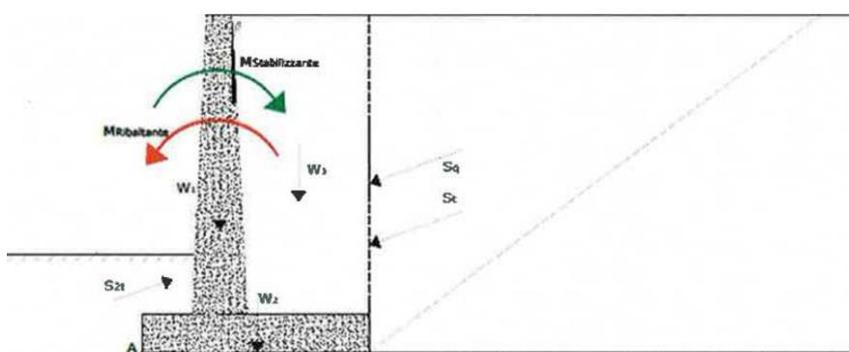


Figura 7-3– Verifica a ribaltamento.

7.1.3 VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

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

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

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

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

7.1.4 VERIFICA A STABILITÀ GLOBALE

Per le verifiche di stabilità dei pendii naturali si ricorre, nell'ambito dei metodi all'equilibrio limite, ai cosiddetti metodi delle strisce, in particolare il metodo di Bishop. Si ipotizza una superficie cilindrica di scorrimento potenziale, S, si suddivide idealmente la porzione di terreno delimitato da questa e dalla superficie topografica in n conci e si analizza l'equilibrio limite di ciascun concio.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

7.2 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLV) IN CONDIZIONI SISMICHE

L'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche può essere eseguita mediante i metodi pseudo-statici e i metodi degli spostamenti.

L'analisi pseudo-statica si esegue mediante i metodi dell'equilibrio limite. Il modello di calcolo deve comprendere l'opera di sostegno, il volume di terreno a tergo dell'opera, che si suppone in stato di equilibrio limite attivo, e gli eventuali sovraccarichi agenti sul volume suddetto.

Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni

$$k_h = \beta_m \frac{a_g}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

dove:

β_m = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

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

dove:

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T) di cui al paragrafo 3.2.3.2 delle NTC18.

Nella precedente espressione, il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito è pari a:

$\beta_m = 0.38$ nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

| | | | | | | |
|---|---|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

$\beta_m = 0.47$ nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD)

Per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

Nel caso di muri liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di studi specifici, si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

Lo stato limite di ribaltamento deve essere trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici (paragrafo 7.11.1 delle NTC18) e utilizzando valori di β_m incrementati del 50% rispetto a quelli innanzi indicati e comunque non superiori all'unità.

In condizioni sismiche deve essere soddisfatta la verifica di stabilità del complesso muro – terreno con i criteri indicati al paragrafo 7.11.4 delle NTC2018.

Il calcolo della spinta in condizioni sismiche è stato effettuato impiegando la Teoria di Mononobe – Okabe.

La teoria di Mononobe – Okabe fa uso del metodo dell'equilibrio limite e può essere considerata una estensione della teoria di Coulomb, in cui, alle usuali spinte al contorno del cuneo instabile di terreno, sono sommate anche le azioni inerziali orizzontali e verticali dovute all'accelerazione delle masse.

Le spinte Attiva e Passiva si calcolano come:

$$S_{a,t} = \frac{1}{2} \gamma \cdot k_{as} \cdot h^2 \cdot (1 \mp k_v)$$

Il coefficiente k_{as} è valutato, quindi, secondo tale formulazione, in cui i simboli usati sono:

ϕ = angolo di attrito interno del terrapieno;

ψ = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete interessata del muro;

β = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale del profilo del terrapieno;

δ = angolo di attrito terrapieno – muro;

θ = angolo di rotazione addizionale definito come segue.

$$\tan\theta = \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

| | | | | | | |
|---|---|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

Il coefficiente per stati di spinta attiva si divide in due casi:

$$\beta \leq \phi - \theta \rightarrow k_{as} = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$$\beta > \phi - \theta \rightarrow k_{as} = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

Il coefficiente per stati di spinta passiva è invece:

$$k_{ps} = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi + \theta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin\phi \cdot \sin(\phi + \beta - \theta)}{\sin(\psi + \beta) \cdot \sin(\psi + \theta)}} \right]^2}$$

7.3 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLE)

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

$$E_d \leq C_d$$

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

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

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

| | | | | | | |
|---|---|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

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

7.4 VERIFICHE STRUTTURALI SLU

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

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

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

7.4.1 CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

7.4.2 VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE - PRESSOFLESSIONE

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

7.4.3 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO

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

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

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

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

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

- 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:

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

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

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

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

A_{s1} 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;

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

$1 \leq \operatorname{ctg} \theta \leq 2.5$ 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;

|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|---------------|---|----------|
| SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>SL 09 0 0 002</td> <td>A</td> <td>23 di 83</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 23 di 83 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 23 di 83 | | | | | | | | |

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

7.5 VERIFICHE STRUTTURALI SLE

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

7.5.1 VERIFICHE ALLE TENSIONI

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

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).

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

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

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

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

ACCIAIO

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

7.5.2 VERIFICHE A FESSURAZIONE

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

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

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

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|---|-------------|-----------------|
| | | quasi permanente | decompressione | - | ap. fessure | ≤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 7-1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e condizioni ambientali

Risultando:

w₁= 0.2 mm

w₂= 0.3 mm

w₃= 0.4 mm

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

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

Combinazione Caratteristica (Rara)

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

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

8. ANALISI DEI CARICHI

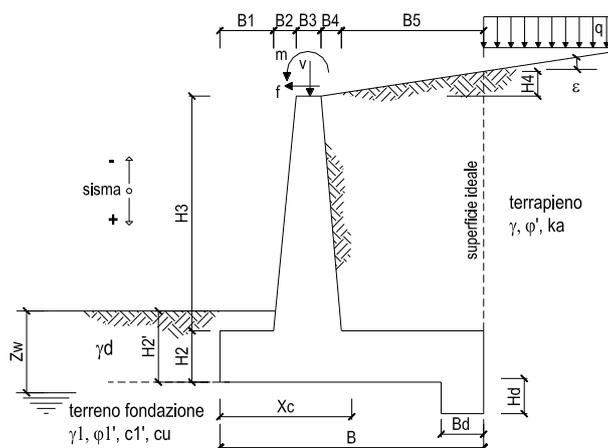
Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari che agiscono sulla struttura in oggetto. Tali azioni sono definite secondo le normative e sono utilizzate per la generazione delle combinazioni di carico nell'ambito delle verifiche di resistenza, in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Tutti i carichi elementari si riferiscono all'unità di sviluppo del muro, pertanto sono tutti definiti rispetto all'unità di lunghezza.

8.1 PESI PROPRI

Il peso proprio del muro è calcolato in automatico dal foglio di calcolo elettronico.

I dati di input per i muri su fondazione diretta sono i seguenti:



Geometria del Muro

| | | | |
|----------------------------|------|------|-----|
| Elevazione | H3 = | 4.50 | (m) |
| Aggetto Valle | B2 = | 0.00 | (m) |
| Spessore del Muro in Testa | B3 = | 0.40 | (m) |
| Aggetto monte | B4 = | 0.36 | (m) |

Geometria della Fondazione

| | | | |
|----------------------|------|------|-----|
| Larghezza Fondazione | B = | 4.20 | (m) |
| Spessore Fondazione | H2 = | 0.60 | (m) |
| Suola Lato Valle | B1 = | 0.50 | (m) |
| Suola Lato Monte | B5 = | 2.94 | (m) |
| Altezza dente | Hd = | 0.00 | (m) |
| Larghezza dente | Bd = | 0.00 | (m) |
| Mezzeria Sezione | Xc = | 2.10 | (m) |

| | | | |
|---------------------------------|------------------|-------|----------------------|
| Peso Specifico del Calcestruzzo | γ_{cls} = | 25.00 | (kN/m ³) |
|---------------------------------|------------------|-------|----------------------|

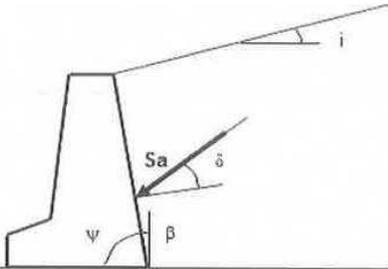
Figura 8-1 – Caratteristiche geometriche muri di sostegno con fondazione diretta – tipo 1.

8.2 CARICHI PERMANENTI

8.2.1 SPINTA DEL TERRENO

A tergo del muro agisce la spinta del terreno del rilevato.

La spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta attiva k_a .



$$\text{per } i \leq \varphi' - \theta \quad k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \text{sen}(\varphi' - i - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \text{sen}(\psi + i)}} \right]^2}$$

$$\text{per } i > \varphi' - \theta \quad k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$$

$$k_p = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi + \theta) \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen} \varphi' \text{sen}(\varphi' + i - \theta)}{\text{sen}(\psi + i) \text{sen}(\psi + \theta)}} \right]^2}$$

Figura 8-2 – Coefficiente di spinta attiva e passiva.

La spinta sull'opera di sostegno dovrà essere applicata sul piano verticale, assunto come paramento virtuale del muro, definito a partire dall'estremo a monte della scarpa di fondazione.

Su tale paramento l'angolo di inclinazione δ della risultante della spinta (applicata ad 1/3 dell'altezza del paramento virtuale) si potrà assumere uguale all'angolo di inclinazione β del terrapieno, a meno che β non sia superiore all'angolo di resistenza al taglio del terreno φ' , nel qual caso si assumerà $\delta = \varphi'$.

| Dati Geotecnici | | | valori caratteristici | | valori di progetto | |
|-------------------|---|----------------------|-----------------------|-------|--------------------|-------|
| | | | SLE | | STR/GEO | EQU |
| Dati Terrapien | Angolo di attrito del terrapieno | (°) | φ' | 35,00 | 35,00 | 35,00 |
| | Peso Unità di Volume del terrapieno | (kN/m ³) | γ' | 19,00 | 19,00 | 19,00 |
| | Angolo di attrito terreno-superficie ideale | (°) | δ | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Figura 8-3 – Dati geotecnici



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b)
OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 28 di 83 |

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

8.3 CARICHI VARIABILI

8.3.1 CARICHI MOBILI DA TRAFFICO

Secondo la Circolare 21-01-2019 ai fini del calcolo dei muri d'ala, sul rilevato si può considerare applicato lo schema di carico 1 applicati su una superficie rettangolare larga 3m e lunga 2.20m.

La strada si trova ad una quota di 2.4 m al di sopra di quella della testa del muro, pertanto, diffondendo il carico all'interno del rilevato stradale, si ha:

$$L_d = 2.2 + (2 * 2.4 * \tan(35^\circ)) * 3 + (2 * 2.4 * \tan(35^\circ)) = 35.37 \text{ m}^2.$$

$$q = 600 / L_d = 17 \text{ kN/m}^2.$$

Tale carico viene applicato solamente al muro tipo 2, essendo il più vicino all'asse stradale, mentre per il muro tipo 1 non ne risente poiché la larghezza di diffusione non intercetta l'opera data l'elevata distanza.

| Carichi Agenti | | valori caratteristici | | valori di progetto | | |
|-----------------------|---|------------------------------|------|--------------------------------|------------|-------|
| | | SLE - sisma | | STR/GEO | EQU | |
| Carichi permanenti | Sovraccarico permanente | (kN/m ²) | qp | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Sovraccarico su zattera di monte <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no | | | | | |
| | Forza Orizzontale in Testa permanente | (kN/m) | fp | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Forza Verticale in Testa permanente | (kN/m) | vp | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Momento in Testa permanente | (kNm/m) | mp | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Condizioni Statiche | Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche | (kN/m ²) | q | 17.00 | 24.65 | 24.65 |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche | (kN/m) | f | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche | (kN/m) | v | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Momento in Testa accidentale in condizioni statiche | (kNm/m) | m | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Coefficienti di combinazione | condizione frequente Ψ1 | 1.00 | condizione quasi permanente Ψ2 | 0.00 | |
| Condizioni Sismiche | Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche | (kN/m ²) | qs | 3.40 | | |
| | 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 | | |

Figura 8-4 – Carichi agenti muro tipo 2.

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

8.4 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

8.4.1 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) Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale

La cui vita nominale è pari a: 75 anni.

8.4.2 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.

8.4.3 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.

8.4.4 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:

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

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 31 di 83 |

| Stati Limite | P_{V_R} : 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 8-1 – Probabilità di superamento al variare dello stato limite considerato.

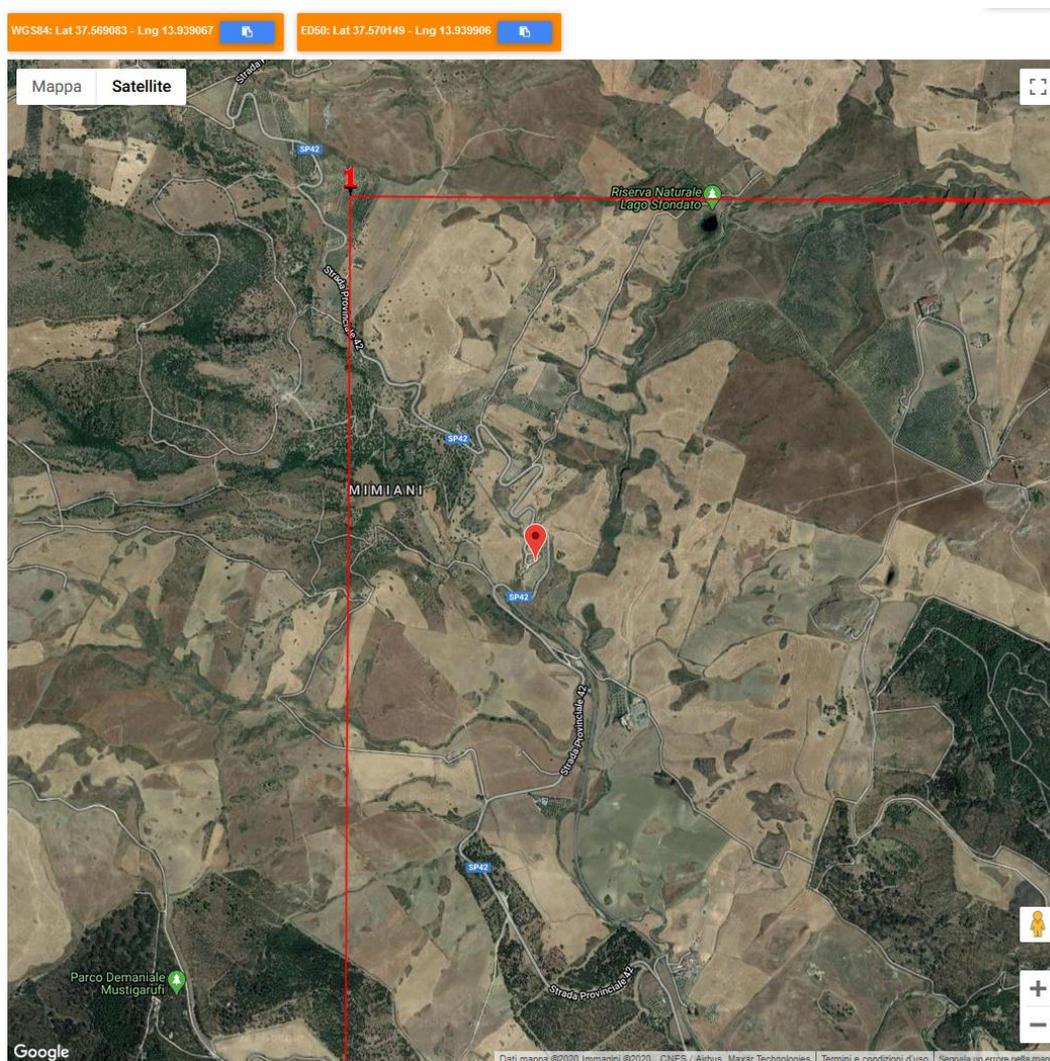


Tabella 8-2 – Localizzazione del sito ove sorgeranno le opera.

| | | | | | | |
|--|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

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 | 2.519 | 0.283 | |
| Danno (SLD) | 113 | 0.047 | 2.500 | 0.314 | |
| Salvaguardia vita (SLV) | 1068 | 0.094 | 2.668 | 0.439 | |
| Prevenzione collasso (SLC) | 2193 | 0.113 | 2.754 | 0.473 | |
| Periodo di riferimento per l'azione sismica: | 112.5 | | | | |

Tabella 8-3 – 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 8-4 – Categorie topografiche.

L'area interessata risulta classificabile come T3 (cresta di un rilievo con pendenza $< 30^\circ$).

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 8-5 – 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 8-6 – Valori massimi dei coefficienti di amplificazione topografica S_T .

valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica sono pari a $S_s = 1.50$ e $C_c = 1.380$

valore del coefficiente di amplificazione topografica è posto pari a $S_T = 1.2$

Dalla sezione dedicata al calcolo dei parametri sismici di base del programma "GeoStru", si ricavano i seguenti parametri dello spettro di risposta relativo al sito più gravoso.

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| | | | | | |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 34 di 83 |

Coefficienti sismici

 Tipo Muri di sostegno NTC 2018

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

 1  0.1

 Cat. Sottosuolo C

 Cat. Topografica T3

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|---------------------------------|------|------|------|------|
| SS Amplificazione stratigrafica | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |
| CC Coeff. funz categoria | 1,59 | 1,54 | 1,38 | 1,34 |
| ST Amplificazione topografica | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 |

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]  0.6

| Coefficienti | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0.000 | 0.040 | 0.064 | 0.000 |
| kv | -- | 0.020 | 0.032 | -- |
| Amax [m/s ²] | 0.687 | 0.835 | 1.663 | 1.992 |
| Beta | -- | 0.470 | 0.380 | -- |

|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B</p> | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|---------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|---------------|---|----------|
| <p>SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>SL 09 0 0 002</td> <td>A</td> <td>35 di 83</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 35 di 83 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 35 di 83 | | | | | | | | |

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

Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- Scorrimento sul piano di posa;
- Collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
- Ribaltamento;
- Stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;

SLU di tipo strutturale (STR)

- Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2).

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3).

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

Per ciascuna verifica si deve tenere conto dei coefficienti parziali per le azioni, dei parametri geotecnici e dei coefficienti di amplificazione per le verifiche di sicurezza, tutti riportati nelle seguenti tabelle.

Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

| Coefficiente | | | EQU ⁽¹⁾ | A1 | A2 |
|---|-------------|---------------|---------------------|---------------------|------|
| Azioni permanenti | favorevoli | γ_{G1} | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,10 | 1,35 | 1,00 |
| Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ | favorevoli | γ_{G2} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Ballast ⁽³⁾ | favorevoli | γ_B | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾ | favorevoli | γ_Q | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,45 | 1,45 | 1,25 |
| Azioni variabili | favorevoli | γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Precompressione | favorevole | γ_P | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevole | | 1,00 ⁽⁵⁾ | 1,00 ⁽⁶⁾ | 1,00 |
| Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente | favorevole | γ_{Ce} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevole | d | 1,20 | 1,20 | 1,00 |

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

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

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

| 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 γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi dei muri di sostegno.

| COEFFICIENTE | R2 |
|--------------|-----|
| γ_R | 1,1 |

| | | | | | | |
|--|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

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

Le combinazioni sismiche, in maniera del tutto analoga alle combinazioni statiche, sono effettuate con l'approccio 2, ponendo però pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto con i coefficienti parziali γ_R indicati nella seguente tabella.

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

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

Le verifiche pseudo-statiche di sicurezza dei fronti di scavo e dei rilevati in condizioni sismiche si eseguono adottando valori unitari dei coefficienti parziali del gruppo A e M per il calcolo delle azioni e dei parametri geotecnici di progetto e un coefficiente parziale γ_R pari a 1.2.

Al fine della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si devono considerare, generalmente, le combinazioni riportate nella seguente tabella:

| Gruppo di azioni | Carichi sulla superficie carrabile | | | | | Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili |
|------------------|--|----------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|--|
| | Carichi verticali | | | Carichi orizzontali | | Carichi verticali |
| | Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6) | Veicoli speciali | Folla (Schema di carico 5) | Frenatura | Forza centrifuga | Carico uniformemente distribuito |
| 1 | Valore caratteristico | | | | | Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5kN/m ² |
| 2a | Valore frequente | | | Valore caratteristico | | |
| 2b | Valore frequente | | | | Valore caratteristico | |
| 3 (*) | | | | | | Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ² |
| 4 (**) | | | Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ² | | | Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ² |
| 5 (***) | Da definirsi per il singolo progetto | Valore caratteristico o nominale | | | | |

(*) Ponti pedonali
 (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
 (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Tabella 9-6 – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico.

Questa fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimo.

I valori dei coefficienti di combinazione ψ_{0j} , ψ_{1j} , ψ_{2j} per le diverse categorie sono riportati nella tabella successiva:

| Azioni | Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV) | Coefficiente ψ_0 di combi- nazione | Coefficiente ψ_1 (valori frequent) | Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti) |
|--|---------------------------------------|---|---|---|
| Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV) | Schema 1 (carichi tandem) | 0,75 | 0,75 | 0,0 |
| | Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti) | 0,40 | 0,40 | 0,0 |
| | Schemi 3 e 4 (carichi concentrati) | 0,40 | 0,40 | 0,0 |
| | Schema 2 | 0,0 | 0,75 | 0,0 |
| | 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | 3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | 4 (folla) | -- | 0,75 | 0,0 |
| | 5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Vento | a ponte scarico SLU e SLE | 0,6 | 0,2 | 0,0 |
| | in esecuzione | 0,8 | 0,0 | 0,0 |
| | a ponte carico SLU e SLE | 0,6 | 0,0 | 0,0 |
| Neve | SLU e SLE | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | in esecuzione | 0,8 | 0,6 | 0,5 |
| Temperatura | SLU e SLE | 0,6 | 0,6 | 0,5 |

Tabella 9-7 – Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali.

Per le azioni da urto sono eccezionali, pertanto, si segue la rispettiva combinazione di carico per la sua valutazione.

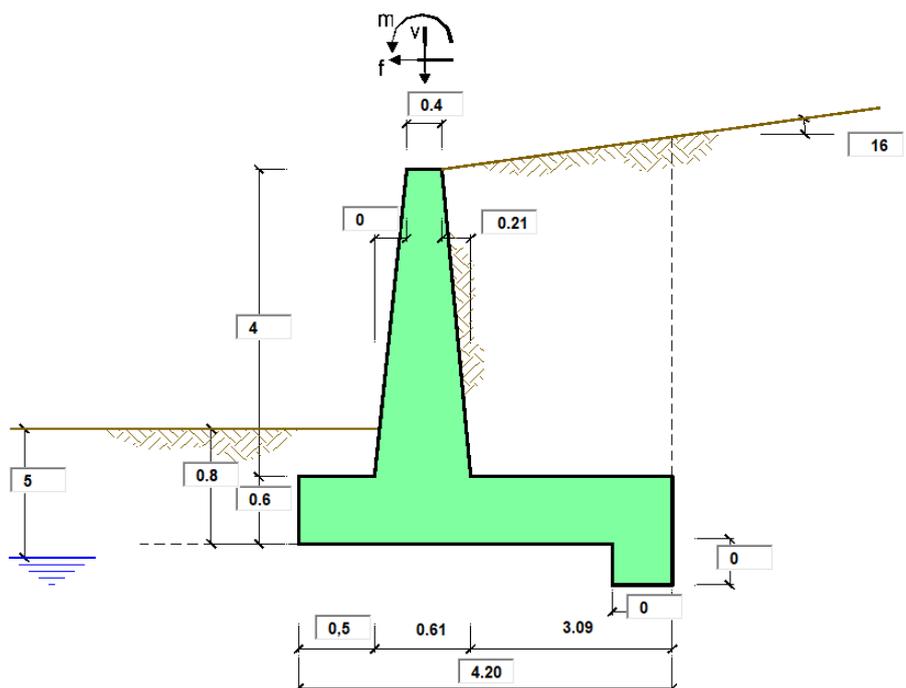
Si ottengono le seguenti combinazioni di carico per le verifiche:

| Caso | Peso proprio | Traffico | Pav. Stradale | Spinta | Qecc | $\tan \varphi'$ | c' | c_u |
|-----------------------|--------------|----------|---------------|--------|------|-----------------|------|-------|
| A1+M1+R3 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A2+M2+R2 | 1 | 1.15 | 1 | 1 | 0 | 1.25 | 1.25 | 1.4 |
| SISMA+M1+R3 (+) | 1 | 0.2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| SISMA+M1+R3 (-) | 1 | 0.2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| SISMA+M2+R2 (+) | 1 | 0.2 | 1 | 1 | 0 | 1.25 | 1.25 | 1.4 |
| SISMA+M2+R2 (-) | 1 | 0.2 | 1 | 1 | 0 | 1.25 | 1.25 | 1.4 |
| SLE, rara | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| SLE, frequente | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| SLE, quasi permanente | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| ECC, urto | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabella 9-8– Combinazioni di carico.

10. PROGETTO E VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO "TIPO 1"

10.1 DATI DI INPUT



Geometria del Muro

| | | | |
|----------------------------|------|------|-----|
| Elevazione | H3 = | 4.00 | (m) |
| Aggetto Valle | B2 = | 0.00 | (m) |
| Spessore del Muro in Testa | B3 = | 0.40 | (m) |
| Aggetto monte | B4 = | 0.21 | (m) |

Geometria della Fondazione

| | | | |
|----------------------|------|------|-----|
| Larghezza Fondazione | B = | 4.20 | (m) |
| Spessore Fondazione | H2 = | 0.60 | (m) |
| Suola Lato Valle | B1 = | 0.50 | (m) |
| Suola Lato Monte | B5 = | 3.09 | (m) |
| Altezza dente | Hd = | 0.00 | (m) |
| Larghezza dente | Bd = | 0.00 | (m) |
| Mezzeria Sezione | Xc = | 2.10 | (m) |

| | | | |
|---------------------------------|------------------|-------|----------------------|
| Peso Specifico del Calcestruzzo | γ_{cls} = | 25.00 | (kN/m ³) |
|---------------------------------|------------------|-------|----------------------|

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| | | | | | |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 40 di 83 |

Dati geotecnici e carichi agenti – Condizione statica e sismica

| | | | valori caratteristici SLE | | valori di progetto | |
|-------------------------|--|--|------------------------------|-------|--------------------|-------|
| | | | STR/GEO | EQU | STR/GEO | EQU |
| Dati Geotecnici | | | | | | |
| Dati Terrapieno | Angolo di attrito del terrapieno | (°) | ϕ' | 35.00 | 35.00 | 35.00 |
| | Peso Unità di Volume del terrapieno | (kN/m ³) | γ' | 19.00 | 19.00 | 19.00 |
| | Angolo di attrito terreno-superficie ideale | (°) | δ | 17.50 | 17.50 | 17.50 |
| Dati Terreno Fondazione | Condizioni | <input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate | | | | |
| | Coesione Terreno di Fondazione | (kPa) | $c1'$ | 18.00 | 18.00 | 18.00 |
| | Angolo di attrito del Terreno di Fondazione | (°) | $\phi1'$ | 21.00 | 21.00 | 21.00 |
| | Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione | (kN/m ³) | $\gamma1$ | 21.00 | 21.00 | 21.00 |
| | Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione | (kN/m ³) | γd | 21.00 | 21.00 | 21.00 |
| | Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) | (m) | Hs | 8.00 | | |
| | Modulo di deformazione | (kN/m ²) | E | 6000 | | |

| | | | | | | |
|--------------|--|--|---------|-----|--------------|---------|
| Dati Sismici | Accelerazione sismica | a_g/g | 0.094 | (-) | | |
| | Coefficiente Amplificazione Stratigrafico | S_s | 1.5 | (-) | | |
| | Coefficiente Amplificazione Topografico | S_T | 1 | (-) | | |
| | Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima | β_s | 0.38 | (-) | RIBALTAMENTO | |
| | Coefficiente sismico orizzontale | kh | 0.05358 | (-) | β_s | 0.57 |
| | Coefficiente sismico verticale | kv | 0.0268 | (-) | kh | 0.08037 |
| | Muro libero di traslare o ruotare | <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no | | | kv | 0.04019 |

| | | | STR/GEO | RIB |
|------------------------|--|------|---------|-------|
| Coefficienti di Spinta | Coeff. di Spinta Attiva Statico | ka | 0.300 | 0.300 |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma + | kas+ | 0.345 | 0.369 |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma - | kas- | 0.347 | 0.376 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva | kp | 2.117 | 2.117 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma + | kps+ | 2.039 | 2.000 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma - | kps- | 2.035 | 1.990 |

| | | | valori caratteristici SLE - sisma | | valori di progetto | |
|-----------------------|---|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|-------|
| | | | STR/GEO | EQU | STR/GEO | EQU |
| Carichi Agenti | | | | | | |
| Carichi permanenti | Sovraccarico permanente | (kN/m ²) | qp | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Sovraccarico su zattera di monte | <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no | | | | |
| | Forza Orizzontale in Testa permanente | (kN/m) | fp | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Forza Verticale in Testa permanente | (kN/m) | vp | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Momento in Testa permanente | (kNm/m) | mp | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Condizioni Statiche | Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche | (kN/m ²) | q | 17.00 | 24.65 | 24.65 |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche | (kN/m) | f | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche | (kN/m) | v | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Momento in Testa accidentale in condizioni statiche | (kNm/m) | m | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Coefficienti di combinazione | condizione frequente Ψ_1 | 1.00 | condizione quasi permanente Ψ_2 | 0.00 | |
| Condizioni Sismiche | Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche | (kN/m ²) | qs | 3.40 | | |
| | 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 | | |

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 41 di 83 |

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Calcestruzzo

classe cls

| | | |
|-----------------|-------|-------|
| Rck | 40 | (MPa) |
| fck | 32 | (MPa) |
| fc _m | 40 | (MPa) |
| E _c | 33346 | (MPa) |
| α _{cc} | 0.85 | |
| γ _c | 1.50 | |

| | | |
|--|-------|-------|
| $f_{od} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$ | 18.13 | (MPa) |
| $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$ | 3.02 | (MPa) |

Tensioni limite (tensioni ammissibili)

condizioni statiche

| | | |
|----------------|------|-----|
| σ _c | 19.2 | Mpa |
| σ _f | 360 | Mpa |

condizioni sismiche

| | | |
|----------------|------|-----|
| σ _c | 19.2 | Mpa |
| σ _f | 360 | Mpa |

Valore limite di apertura delle fessure

| | | | |
|------------------|---------------------------------|-----|----|
| Frequente | <input type="text" value="w1"/> | 0.2 | mm |
| Quasi Permanente | <input type="text" value="w1"/> | 0.2 | mm |

Acciaio

tipo di acciaio

| | | | |
|--|---|--------|-------|
| f _{yk} | = | 450 | (MPa) |
| γ _s | = | 1.15 | |
| f _{yd} = f _{yk} / γ _s | = | 391.30 | (MPa) |
| E _s | = | 210000 | (MPa) |
| ε _{ys} | = | 0.19% | |

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro (distanza asse armatura-bordo)

c = (cm)

Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

c_{min} = (cm)

Interfero tra I e II strato

i_{I-II} = (cm)

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 42 di 83 |

10.2 CALCOLO DELLE AZIONI

10.2.1 FORZE VERTICALI E INERZIALI

FORZE VERTICALI

| | | | SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|--|--|--------|--------|---------|---------|
| - Peso del Muro (Pm) | | | | | |
| Pm1 = | $(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pm2 = | $(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 40.00 | 40.00 | 40.00 |
| Pm3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) | 10.50 | 10.50 | 10.50 |
| Pm4 = | $(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 63.00 | 63.00 | 63.00 |
| Pm5 = | $(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pm = | Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 | (kN/m) | 113.50 | 113.50 | 113.50 |
| - Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt) | | | | | |
| Pt1 = | $(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$ | (kN/m) | 234.84 | 234.84 | 234.84 |
| Pt2 = | $(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$ | (kN/m) | 29.67 | 29.67 | 29.67 |
| Pt3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')/2$ | (kN/m) | 7.98 | 7.98 | 7.98 |
| Sovr = | $qp \cdot (B4+B5)$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pt = | Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr | (kN/m) | 272.49 | 272.49 | 272.49 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B4+B5)$ | (kN/m) | 56.1 | 81.345 | |
| Sovr acc. Sism | $qs \cdot (B4+B5)$ | (kN/m) | 11.22 | | |

MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

| | | | SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|---|---|---------|---------|-----------|---------|
| - Muro (Mm) | | | | | |
| Mm1 = | $Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mm2 = | $Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$ | (kNm/m) | 28.00 | 28.00 | 28.00 |
| Mm3 = | $Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 B4)$ | (kNm/m) | 10.19 | 10.19 | 10.19 |
| Mm4 = | $Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | 132.30 | 132.30 | 132.30 |
| Mm5 = | $Pm5 \cdot (B - Bd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mm = | Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 | (kNm/m) | 170.49 | 170.49 | 170.49 |
| - Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro | | | | | |
| Mt1 = | $Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$ | (kNm/m) | 623.50 | 623.50 | 623.50 |
| Mt2 = | $Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$ | (kNm/m) | 91.96 | 91.96 | 91.96 |
| Mt3 = | $Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$ | (kNm/m) | 8.30 | 8.30 | 8.30 |
| Msovr = | $Sovr \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mt = | Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr | (kNm/m) | 723.76 | 723.76 | 723.76 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$ | (kNm/m) | 143.055 | 207.42975 | |
| Sovr acc. Sism | $qs \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$ | (kNm/m) | 28.611 | | |

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 43 di 83 |

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

| | | | | |
|--------|---------------|--------|------|------|
| Ps h = | $Pm \cdot kh$ | (kN/m) | 6.08 | 9.12 |
| Ps v = | $Pm \cdot kv$ | (kN/m) | 3.04 | 4.56 |

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

| | | | | |
|--------|---------------|--------|-------|-------|
| Ptsh = | $Pt \cdot kh$ | (kN/m) | 14.60 | 21.90 |
| Ptsv = | $Pt \cdot kv$ | (kN/m) | 7.30 | 10.95 |

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h)

| | | | | |
|----------|------------------------------------|---------|------|-------|
| MPs1 h = | $kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3/3)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MPs2 h = | $kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | 5.57 | 8.36 |
| MPs3 h = | $kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3/3)$ | (kNm/m) | 1.09 | 1.63 |
| MPs4 h = | $kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$ | (kNm/m) | 1.01 | 1.52 |
| MPs5 h = | $-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MPs h = | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$ | (kNm/m) | 7.67 | 11.51 |

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs v)

| | | | | |
|----------|--|---------|------|------|
| MPs1 v = | $kv \cdot Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MPs2 v = | $kv \cdot Pm2 \cdot (B1 + B2 + B3/2)$ | (kNm/m) | 0.75 | 1.13 |
| MPs3 v = | $kv \cdot Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4/3)$ | (kNm/m) | 0.27 | 0.41 |
| MPs4 v = | $kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | 3.54 | 5.32 |
| MPs5 v = | $kv \cdot Pm5 \cdot (B - Bd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MPs v = | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$ | (kNm/m) | 4.57 | 6.85 |

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h)

| | | | | |
|-----------|--|---------|-------|-------|
| MPts1 h = | $kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | 32.72 | 49.07 |
| MPts2 h = | $kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$ | (kNm/m) | 13.53 | 20.30 |
| MPts3 h = | $kh \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3 \cdot 2/3)$ | (kNm/m) | 1.40 | 2.10 |
| MPts h = | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | 47.65 | 71.47 |

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts v)

| | | | | |
|-----------|--|---------|-------|-------|
| MPts1 v = | $kv \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) - (B - B5/2) \cdot 0.5)$ | (kNm/m) | 16.70 | 25.06 |
| MPts2 v = | $kv \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0.5)$ | (kNm/m) | 2.52 | 3.78 |
| MPts3 v = | $kv \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2/3) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0.5)$ | (kNm/m) | 0.26 | 0.39 |
| MPts v = | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | 19.48 | 29.22 |

10.2.2 SPINTE IN CONDIZIONE STATICA

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|---|---|--------|---------|---------|
| - Spinta totale condizione statica | | | | |
| St = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) | 87.74 | 114.06 |
| Sq perm = | $q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sq acc = | $q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$ | (kN/m) | 28.31 | 41.05 |
| - Componente orizzontale condizione statica | | | | |
| Sth = | $St \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 83.68 | 108.78 |
| Sqh perm = | $Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sqh acc = | $Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 27.00 | 39.15 |
| - Componente verticale condizione statica | | | | |
| Stv = | $St \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 26.38 | 34.30 |
| Sqv perm = | $Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sqv acc = | $Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 8.51 | 12.34 |
| - Spinta passiva sul dente | | | | |
| Sp = | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|-------------|---|---------|---------|---------|
| MSt1 = | $St \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd)$ | (kNm/m) | 154.70 | 201.11 |
| MSt2 = | $St \cdot B$ | (kNm/m) | 110.81 | 144.06 |
| MSq1 perm = | $Sqh \text{ perm} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MSq1 acc = | $Sqh \text{ acc} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd)$ | (kNm/m) | 74.87 | 108.56 |
| MSq2 perm = | $Sqv \text{ perm} \cdot B$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MSq2 acc = | $Sqv \text{ acc} \cdot B$ | (kNm/m) | 35.75 | 51.84 |
| MSp = | $\gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | | |
|----------|-----------------------------------|---------|------|------|
| Mfext1 = | $mp + m$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mfext2 = | $(fp + f) \cdot (H3 + H2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mfext3 = | $(vp + v) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 45 di 83 |

10.2.3 SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|-----|---------|---------|
|-----|---------|---------|

- Spinta condizione sismica +

| | | | | |
|--|--------|-------|-------|-------|
| Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) | 87.74 | 87.74 | 87.74 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ - Sst1\ stat$ | (kN/m) | 15.72 | 15.72 | 24.48 |
| Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$ | (kN/m) | 6.50 | 6.50 | 6.96 |

- Componente orizzontale condizione sismica +

| | | | | |
|---------------------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Sst1h stat = Sst1 stat * cos δ | (kN/m) | 83.68 | 83.68 | 83.68 |
| Sst1h sism = Sst1 sism * cos δ | (kN/m) | 14.99 | 14.99 | 23.34 |
| Ssq1h perm = Ssq1 perm * cos δ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1h acc = Ssq1 acc * cos δ | (kN/m) | 6.20 | 6.20 | 6.64 |

- Componente verticale condizione sismica +

| | | | | |
|---------------------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Sst1v stat = Sst1 stat * sen δ | (kN/m) | 26.38 | 26.38 | 26.38 |
| Sst1v sism = Sst1 sism * sen δ | (kN/m) | 4.73 | 4.73 | 7.36 |
| Ssq1v perm = Ssq1 perm * sen δ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1v acc = Ssq1 acc * sen δ | (kN/m) | 1.96 | 1.96 | 2.09 |

- Spinta passiva sul dente

| | | | | |
|---|--------|------|------|------|
| $Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1' \cdot (1+kv) \cdot Hd^2 \cdot kps^+ + (2 \cdot c_1' \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1' \cdot (1+kv) \cdot kps^+ \cdot H2) \cdot Hd$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|---|--------|------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|-----|---------|---------|
|-----|---------|---------|

- Condizione sismica +

| | | | | |
|--|-----------|--------|--------|--------|
| MSst1 stat = Sst1h stat * ((H2+H3+H4+hd)/3-hd) | (kNm/m) | 154.70 | 154.70 | 154.70 |
| MSst1 sism = Sst1h sism * ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd) | (kNm/m) | 27.72 | 27.72 | 43.16 |
| MSst2 stat = Sst1v stat * B | (kNm/m) | 110.81 | 110.81 | 110.81 |
| MSst2 sism = Sst1v sism * B | (kNm/m) | 19.85 | 19.85 | 30.91 |
| MSsq1 = Ssq1h * ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd) | (kNm/m) | 17.20 | 17.20 | 18.41 |
| MSsq2 = Ssq1v * B | (kNm/m) | 8.21 | 8.21 | 8.79 |
| MSp = $\gamma_1' \cdot Hd^3 \cdot kps^+ / 3 + (2 \cdot c_1' \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1' \cdot kps^+ \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | |
|----------------------------------|-----------|------|
| Mfext1 = mp+ms | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext2 = (fp+fs)*(H3 + H2) | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext3 = (vp+vs)*(B1 +B2 + B3/2) | (kNm/m) | 0.00 |

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 46 di 83 |

10.2.4 SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|-----|---------|---------|
|-----|---------|---------|

- Spinta condizione sismica -

| | | | | |
|--|--------|-------|-------|-------|
| Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) | 87.74 | 87.74 | 87.74 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas - Sst1\ stat$ | (kN/m) | 11.08 | 11.08 | 17.67 |
| Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas$ | (kN/m) | 6.55 | 6.55 | 7.09 |

- Componente orizzontale condizione sismica -

| | | | | |
|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Sst1h stat = Sst1 stat * cos δ | (kN/m) | 83.68 | 83.68 | 83.68 |
| Sst1h sism = Sst1 sism * cos δ | (kN/m) | 10.57 | 10.57 | 16.85 |
| Ssq1h perm = Ssq1 perm * cos δ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1h acc = Ssq1 acc * cos δ | (kN/m) | 6.25 | 6.25 | 6.76 |

- Componente verticale condizione sismica -

| | | | | |
|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Sst1v stat = Sst1 stat * sen δ | (kN/m) | 26.38 | 26.38 | 26.38 |
| Sst1v sism = Sst1 sism * sen δ | (kN/m) | 3.33 | 3.33 | 5.31 |
| Ssq1v perm = Ssq1 perm * sen δ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1v acc = Ssq1 acc * sen δ | (kN/m) | 1.97 | 1.97 | 2.13 |

- Spinta passiva sul dente

| | | | | |
|--|--------|------|------|------|
| $Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1-kv) \cdot Hd^2 \cdot kps + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{-0.5} + \gamma_1 \cdot (1-kv) \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|--|--------|------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|-----|---------|---------|
|-----|---------|---------|

- Condizione sismica -

| | | | | |
|--|-----------|--------|--------|--------|
| MSst1 stat = Sst1h stat * ((H2+H3+H4+hd)/3-hd) | (kNm/m) | 154.70 | 154.70 | 154.70 |
| MSst1 sism = Sst1h sism * ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd) | (kNm/m) | 19.54 | 19.54 | 31.16 |
| MSst2 stat = Sst1v stat * B | (kNm/m) | 110.81 | 110.81 | 110.81 |
| MSst2 sism = Sst1v sism * B | (kNm/m) | 14.00 | 14.00 | 22.32 |
| MSsq1 = Ssq1h * ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd) | (kNm/m) | 17.33 | 17.33 | 18.74 |
| MSsq2 = Ssq1v * B | (kNm/m) | 8.28 | 8.28 | 8.95 |
| MSp = $\gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps + 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{0.5} + \gamma_1 \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | |
|----------------------------------|-----------|------|
| Mfext1 = mp+ms | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext2 = (fp+fs)*(H3 + H2) | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext3 = (vp+vs)*(B1 +B2 + B3/2) | (kNm/m) | 0.00 |

10.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

10.3.1 VERIFICA STATICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + Stv + Sqv_{perm} + Sqv_{acc} \quad 432.63 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f \quad 147.93 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\phi_1' \quad 0.38 \quad (-)$$

$$F_s \text{ scorr.} \quad (N \cdot f + S_p) / T \quad 1.12 \quad > \quad 1.1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 894.25 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} \quad 113.78 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_s \text{ ribaltamento} \quad M_s / M_r \quad 7.86 \quad > \quad 1.15$$

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + Stv + Sqv (+ \text{Sovr}_{acc}) \quad N_{min} \quad N_{max} \quad 432.63 \quad 513.97 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p \quad 147.93 \quad 147.93 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 780.47 \quad 987.90 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 128.05 \quad 91.45 \quad (\text{kNm/m})$$

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 48 di 83 |

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

| | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------|------|--|----------------------|
| c1' | coesione terreno di fondaz. | 18.00 | | | (kPa) |
| $\phi 1'$ | angolo di attrito terreno di fondaz. | 21.00 | | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 21.00 | | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma d \cdot H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 16.80 | | | (kN/m ²) |
| e = M / N | eccentricità | 0.30 | 0.18 | | (m) |
| B* = B - 2e | larghezza equivalente | 3.61 | 3.84 | | (m) |

I valori di N_c, N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | | |
|--|-------------------|-------|--|--|-----|
| $N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\phi))}$ | (1 in cond. nd) | 7.07 | | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$ | (2+π in cond. nd) | 15.81 | | | (-) |
| $N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi)$ | (0 in cond. nd) | 6.20 | | | (-) |

I valori di i_c, i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | | |
|---|-----------------|------|------|--|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi)))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.57 | 0.62 | | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.50 | 0.50 | | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi)))^{m+1}$ | | 0.43 | 0.44 | | (-) |

(fondazione nastriforme m = 2)

| | | | | | |
|------------------|--------------------------|--------|--------|--|----------------------|
| q _{lim} | (carico limite unitario) | 309.97 | 317.75 | | (kN/m ²) |
|------------------|--------------------------|--------|--------|--|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | F = q_{lim} · B* / N | N _{min} | 2.59 | > | 1.4 |
| | | N _{max} | 2.38 | > | |

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

10.3.2 VERIFICA SISMICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE

Condizione sismica +

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-------------|----------|
| Risultante forze verticali (N) | | | | | |
| $N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$ | | | 429.39 | (kN/m) | |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | | |
| $T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh}$ | | | 125.55 | (kN/m) | |
| Coefficiente di attrito alla base (f) | | | | | |
| $f = \text{tg}\phi_1'$ | | | 0.38 | (-) | |
| $F_s = (N \cdot f + S_p) / T$ | | | 1.31 | > | 1 |

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-------------|----------|
| Momento stabilizzante (Ms) | | | | | |
| $M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$ | | | 894.25 | (kNm/m) | |
| Momento ribaltante (Mr) | | | | | |
| $M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$ | | | 112.66 | (kNm/m) | |
| $F_r = M_s / M_r$ | | | 7.94 | > | 1 |

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

| | | | | |
|---|--|--------|--------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| $N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (S_{ovr} \text{ acc})$ | | 429.39 | 440.61 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| $T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$ | | 125.55 | | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| $MM = \sum M$ | | 802.24 | 830.85 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| $M = X_c \cdot N - MM$ | | 99.48 | 94.44 | (kNm/m) |

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 50 di 83 |

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

| | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------|------|--|----------------------|
| c_1' | coesione terreno di fondaz. | 18.00 | | | (kN/mq) |
| φ_1' | angolo di attrito terreno di fondaz. | 21.00 | | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 21.00 | | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma_d \cdot H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 16.80 | | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0.23 | 0.21 | | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 3.74 | 3.77 | | (m) |

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | | |
|--|------------------------|-------|--|--|-----|
| $N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\varphi'))}$ | (1 in cond. nd) | 7.07 | | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$ | (2+ π in cond. nd) | 15.81 | | | (-) |
| $N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi')$ | (0 in cond. nd) | 6.20 | | | (-) |

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | | |
|---|-----------------|------|------|--|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\varphi')))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.63 | 0.63 | | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.57 | 0.57 | | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\varphi')))^{m+1}$ | | 0.50 | 0.50 | | (-) |

(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|--|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 356.76 | 361.24 | | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|--|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|-------------|-------------|-------------|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} \cdot B^* / N$ | Nmin | 3.10 | > | 1.2 |
| | | Nmax | 3.09 | > | |

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

Condizione sismica -

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-------------|----------|
| Risultante forze verticali (N) | | | | | |
| $N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$ | | | 407.33 | (kN/m) | |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | | |
| $T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh}$ | | | 121.18 | (kN/m) | |
| Coefficiente di attrito alla base (f) | | | | | |
| $f = \text{tg}\phi_1'$ | | | 0.38 | (-) | |
| $F_s = (N \cdot f + S_p) / T$ | | | 1.29 | > | 1 |

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-------------|----------|
| Momento stabilizzante (Ms) | | | | | |
| $M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$ | | | 894.25 | (kNm/m) | |
| Momento ribaltante (Mr) | | | | | |
| $M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$ | | | 181.58 | (kNm/m) | |
| $F_r = M_s / M_r$ | | | 4.92 | > | 1 |

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

| | | | | | |
|---|--|--|--------|--------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | | | Nmin | Nmax | |
| $N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$ | | | 407.33 | 418.55 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | | |
| $T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$ | | | 121.18 | | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | | |
| $MM = \sum M$ | | | 756.39 | 785.00 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | | |
| $M = X_c \cdot N - MM$ | | | 99.01 | 93.96 | (kNm/m) |

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 52 di 83 |

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

| | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------|------|--|----------------------|
| $c1'$ | coesione terreno di fondaz. | 18.00 | | | (kN/mq) |
| $\varphi 1'$ | angolo di attrito terreno di fondaz. | 21.00 | | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 21.00 | | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma d \cdot H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 16.80 | | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0.24 | 0.22 | | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 3.71 | 3.75 | | (m) |

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | | |
|--|--------------------------|-------|--|--|-----|
| $N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\varphi'))}$ | (1 in cond. nd) | 7.07 | | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$ | ($2 + \pi$ in cond. nd) | 15.81 | | | (-) |
| $N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi')$ | (0 in cond. nd) | 6.20 | | | (-) |

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | | |
|---|-----------------|------|------|--|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\varphi')))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.63 | 0.63 | | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.57 | 0.57 | | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\varphi')))^{m+1}$ | | 0.50 | 0.50 | | (-) |

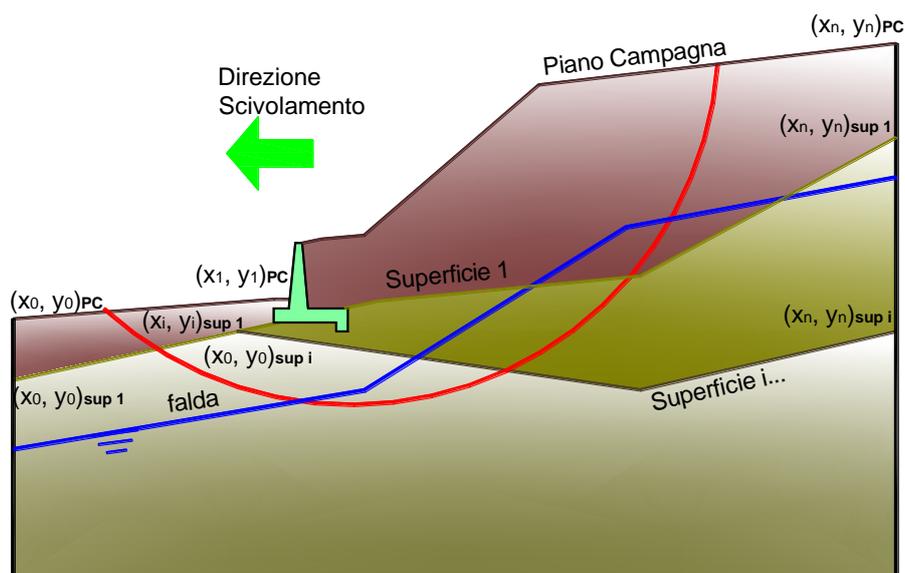
(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|--|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 355.16 | 359.90 | | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|--|----------------------|

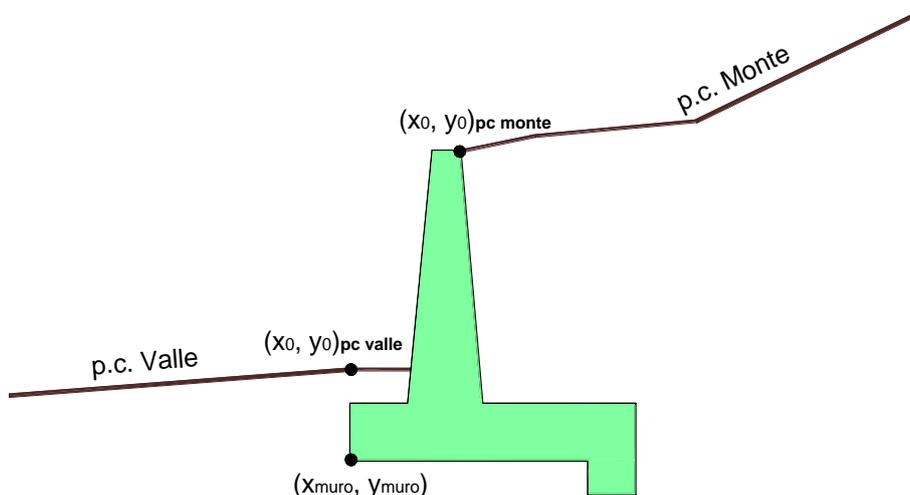
| | | | | | |
|-------------------------|---|-------------|-------------|-------------|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} \cdot B^* / N$ | Nmin | 3.24 | > | 1.2 |
| | | Nmax | 3.23 | > | 1.2 |

10.3.3 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE – COND. DRENATE

Le analisi di stabilità, di seguito riportate, sono state effettuate limitando la ricerca delle potenziali superfici di scorrimento critiche alla fascia più prossima alla linea stradale.

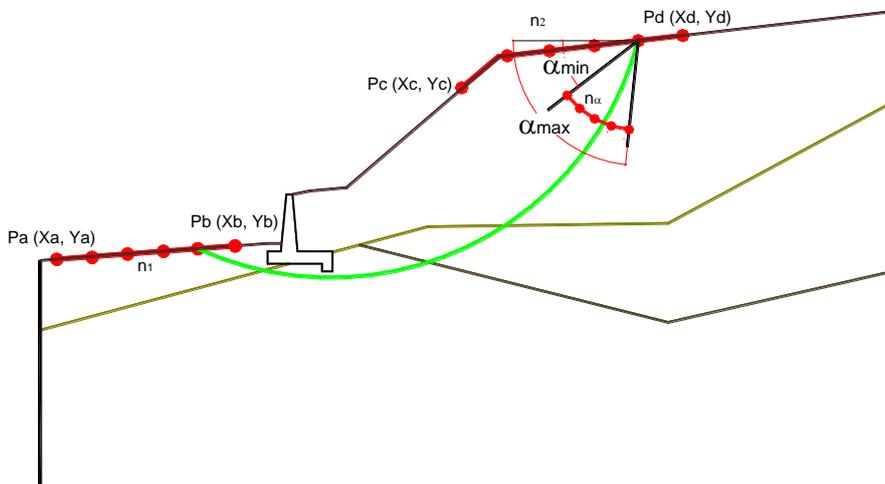


| | γ [kN/m ³] | ϕ [°] | c [kPa] | Descrizione |
|--------------------|----------------------------------|---------------|--------------|--------------------|
| materiale 1 | 19.00 | 24.7913 | 0 | Rilevato - riporto |
| materiale 2 | 21.00 | 17.0713 | 14.4 | FYN4 |

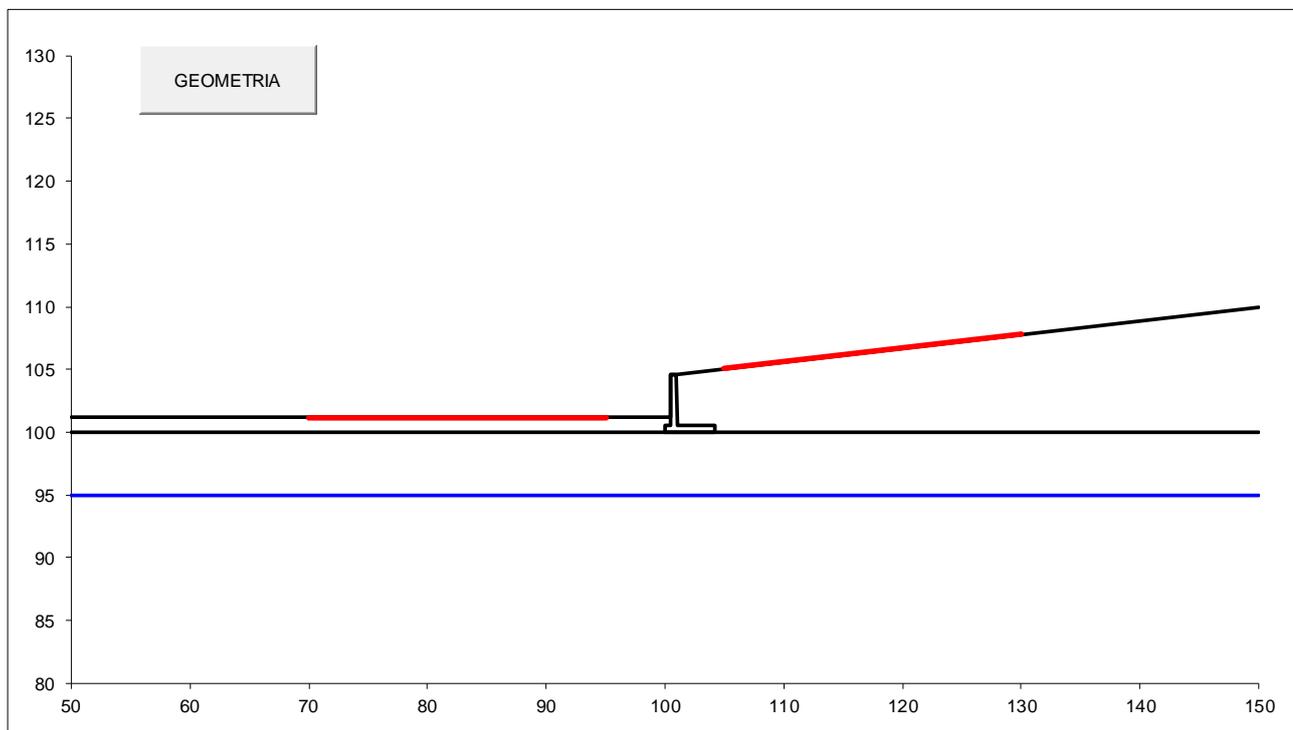


SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| | | | | | |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 54 di 83 |



| p.c. valle | | | p.c. monte | | | superficie 1 | | superficie 2 | | superficie 3 | | Ida | | | | | |
|-------------|---------|---------|------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------|--------------|--------------------------|--------------|---|--------------------------|-------------|---|-------------------------------------|---------|--------|
| materiale 1 | | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | materiale 2 | | <input type="checkbox"/> | materiale 4 | | <input type="checkbox"/> | materiale 2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| | x | y | | x | y | | x | y | | x | y | | x | y | | x | y |
| 0 | 100.000 | 101.200 | 0 | 100.900 | 104.600 | 0 | 50.000 | 100.000 | 0 | | | 0 | | | 0 | 50.000 | 95.000 |
| 1 | 50.000 | 101.200 | 1 | 150.000 | 110.000 | 1 | 150.000 | 100.000 | 1 | | | 1 | | | 1 | 150.000 | 95.000 |



| |
|----------|
| #strisce |
| 30 |

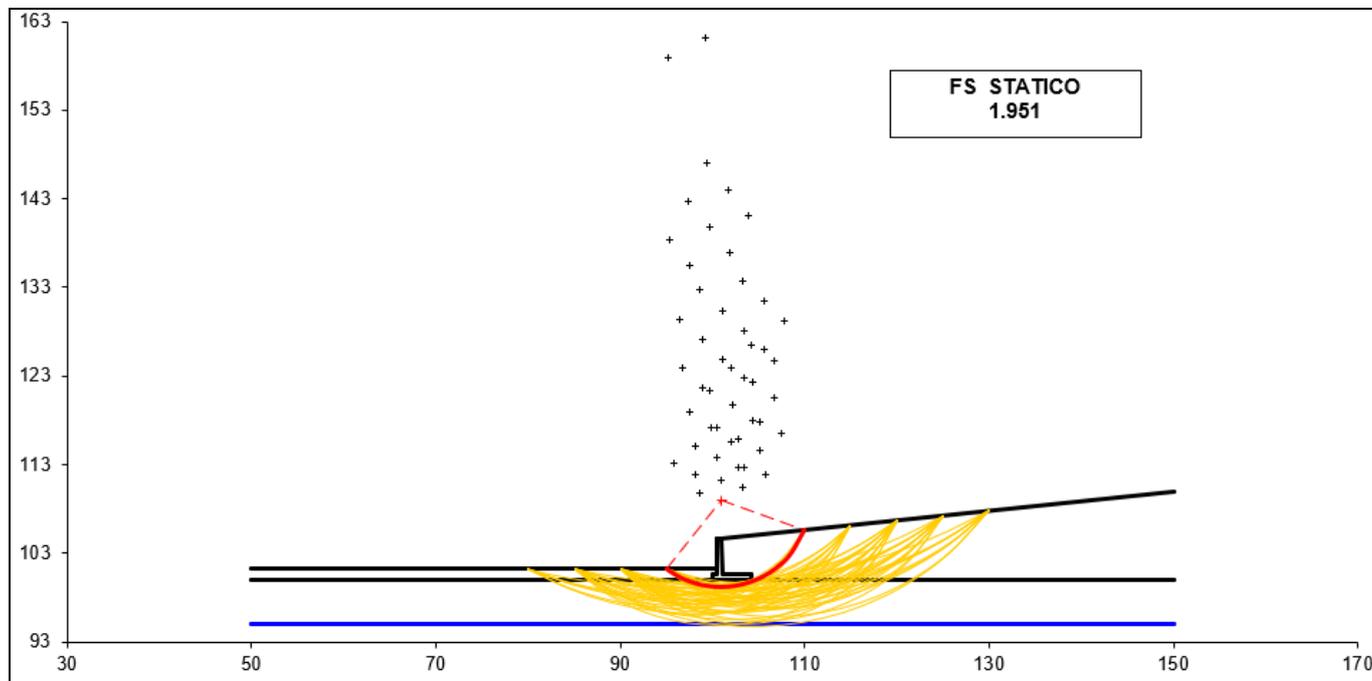
| | | |
|-----------------------|-----------|-------|
| # Superfici Calcolate | FS Bishop | |
| | STATICO | 1.951 |
| | SISMICO | 1.395 |
| 105 | | |

| |
|---------|
| CALCOLO |
|---------|

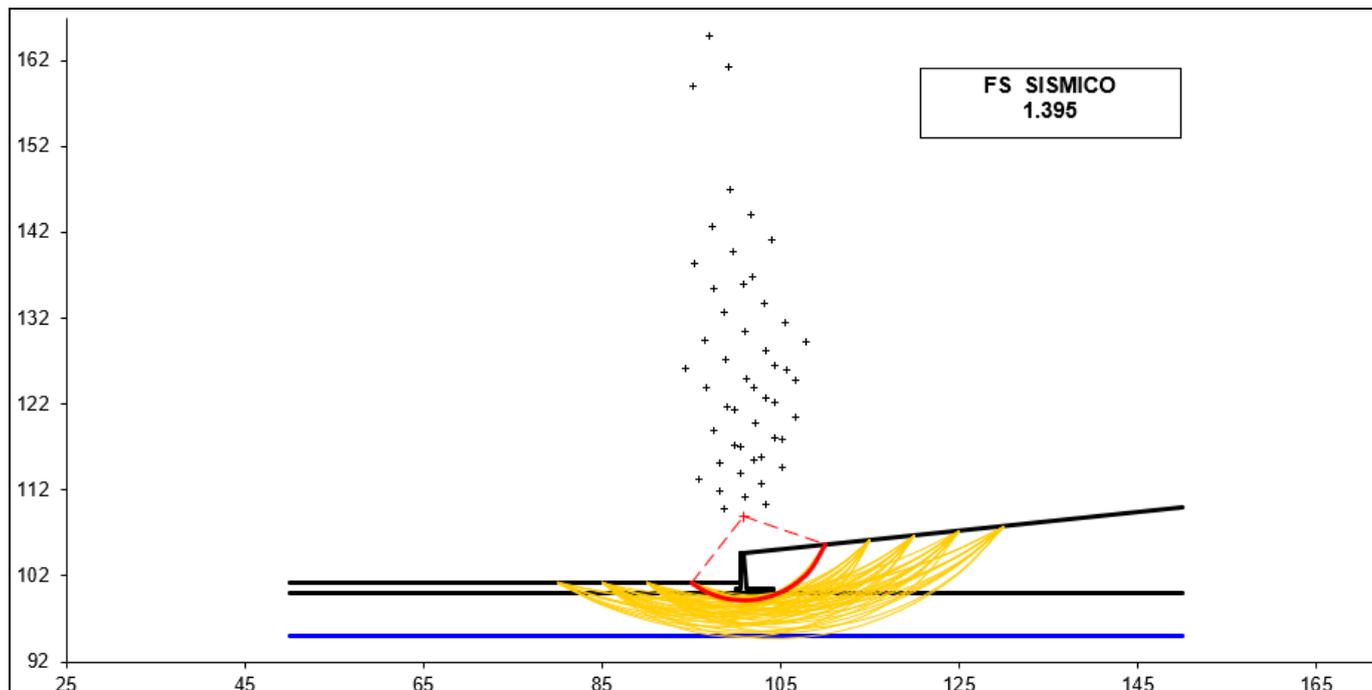
SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 55 di 83 |

Condizioni statiche



Condizioni sismiche



SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3T 30 D 78 CL SL 09 0 0 002 A 56 di 83

10.4 VERIFICHE STRUTTURALI

10.4.1 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Reazione del terreno

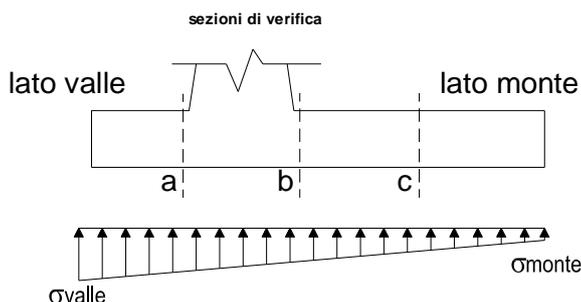
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 4.20 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 2.94 \text{ (m}^3\text{)}$$

| caso | N [kN] | M [kNm] | σ_{valle} [kN/m ²] | σ_{monte} [kN/m ²] |
|---------|-----------|------------|--|--|
| statico | 432.63 | 128.05 | 146.56 | 59.45 |
| | 513.97 | 91.45 | 153.48 | 91.27 |
| sisma+ | 429.39 | 99.48 | 136.07 | 68.40 |
| | 440.61 | 94.44 | 137.03 | 72.79 |
| sisma- | 407.33 | 99.01 | 130.66 | 63.31 |
| | 418.55 | 93.96 | 131.61 | 67.70 |



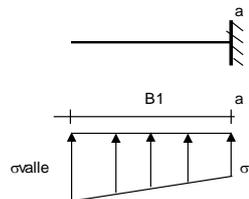
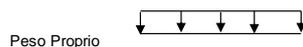
Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 15.00 (kN/m)

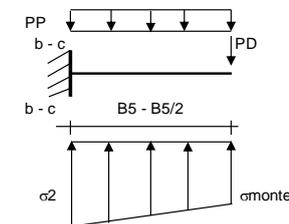
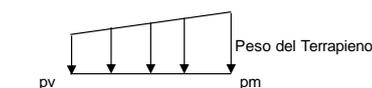
$$Ma = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

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

| caso | σ_{valle} [kN/m ²] | σ_1 [kN/m ²] | Ma [kNm] | Va [kN] |
|---------|--|------------------------------------|-------------|------------|
| statico | 146.56 | 136.19 | 16.01 | 63.19 |
| | 153.48 | 146.07 | 17.00 | 67.39 |
| sisma+ | 136.07 | 128.02 | 14.75 | 60.34 |
| | 137.03 | 129.38 | 14.93 | 60.81 |
| sisma- | 130.66 | 122.64 | 14.17 | 57.63 |
| | 131.61 | 124.01 | 14.26 | 58.11 |



$$\downarrow Stv + Stq$$



Mensola Lato Monte

PP = 15.00 (kN/m²)

PD = 0.00 (kN/m)

peso proprio soletta fondazione

peso proprio dente

| | Nmin | N max stat | N max sism | |
|-----|---------|------------|------------|----------------------|
| pm | = 93.98 | 118.63 | 97.38 | (kN/m ²) |
| pvb | = 77.14 | 101.79 | 80.54 | (kN/m ²) |
| pvc | = 85.56 | 110.21 | 88.96 | (kN/m ²) |

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

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

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

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

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

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

| caso | σ_{monte} [kN/m ²] | σ_{2b} [kN/m ²] | Mb [kNm] | Vb [kN] | σ_{2c} [kN/m ²] | Mc [kNm] | Vc [kN] |
|---------|--|---------------------------------------|-------------|------------|---------------------------------------|-------------|------------|
| statico | 59.45 | 123.54 | -251.79 | -74.66 | 91.50 | -115.08 | -93.86 |
| | 91.27 | 137.04 | -246.73 | -80.81 | 114.15 | -110.17 | -89.86 |
| sisma+ | 68.40 | 118.19 | -203.11 | -63.85 | 93.29 | -89.66 | -74.37 |
| | 72.79 | 120.05 | -202.84 | -64.98 | 96.42 | -89.09 | -73.96 |
| sisma- | 63.31 | 112.86 | -197.09 | -61.92 | 88.08 | -86.87 | -72.27 |
| | 67.70 | 114.72 | -195.95 | -62.49 | 91.21 | -86.08 | -71.58 |

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3T 30 D 78 CL SL 09 0 0 002 A 57 di 83

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$$M_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{t \text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{orizz.}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a_{orizz.}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad \text{o} \quad h \cdot h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{\text{ext}} = m + f \cdot h$$

$$M_{\text{inerzia}} = \sum P m_i \cdot b_i \cdot kh$$

$$N_{\text{ext}} = v$$

$$N_{\text{pp+inerzia}} = \sum P m_i \cdot (1 \pm kv)$$

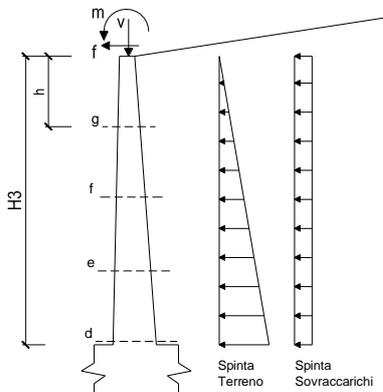
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$V_{t \text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{orizz.}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a_{orizz.}}) \cdot h^2$$

$$V_q = K_{a_{orizz.}} \cdot q \cdot h$$

$$V_{\text{ext}} = f$$

$$V_{\text{inerzia}} = \sum P m_i \cdot kh$$



condizione statica

| sezione | h | Mt | Mq | M _{ext} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp} | N _{tot} |
|---------|------|---------|---------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4.00 | 75.44 | 56.47 | 0.00 | 131.91 | 0.00 | 50.50 | 50.50 |
| e-e | 3.00 | 31.83 | 31.76 | 0.00 | 63.59 | 0.00 | 35.91 | 35.91 |
| f-f | 2.00 | 9.43 | 14.12 | 0.00 | 23.55 | 0.00 | 22.63 | 22.63 |
| g-g | 1.00 | 1.18 | 3.53 | 0.00 | 4.71 | 0.00 | 10.66 | 10.66 |

| sezione | h | Vt | Vq | V _{ext} | V _{tot} |
|---------|------|--------|--------|------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4.00 | 56.58 | 28.23 | 0.00 | 84.82 |
| e-e | 3.00 | 31.83 | 21.18 | 0.00 | 53.00 |
| f-f | 2.00 | 14.15 | 14.12 | 0.00 | 28.26 |
| g-g | 1.00 | 3.54 | 7.06 | 0.00 | 10.59 |

condizione sismica +

| sezione | h | M _{t stat} | M _{t sism} | M _q | M _{ext} | M _{inerzia} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp+inerzia} | N _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4.00 | 58.03 | 10.90 | 8.94 | 0.00 | 5.04 | 82.92 | 0.00 | 51.85 | 51.85 |
| e-e | 3.00 | 24.48 | 4.60 | 5.03 | 0.00 | 2.73 | 36.84 | 0.00 | 36.87 | 36.87 |
| f-f | 2.00 | 7.25 | 1.36 | 2.24 | 0.00 | 1.17 | 12.02 | 0.00 | 23.23 | 23.23 |
| g-g | 1.00 | 0.91 | 0.17 | 0.56 | 0.00 | 0.28 | 1.92 | 0.00 | 10.94 | 10.94 |

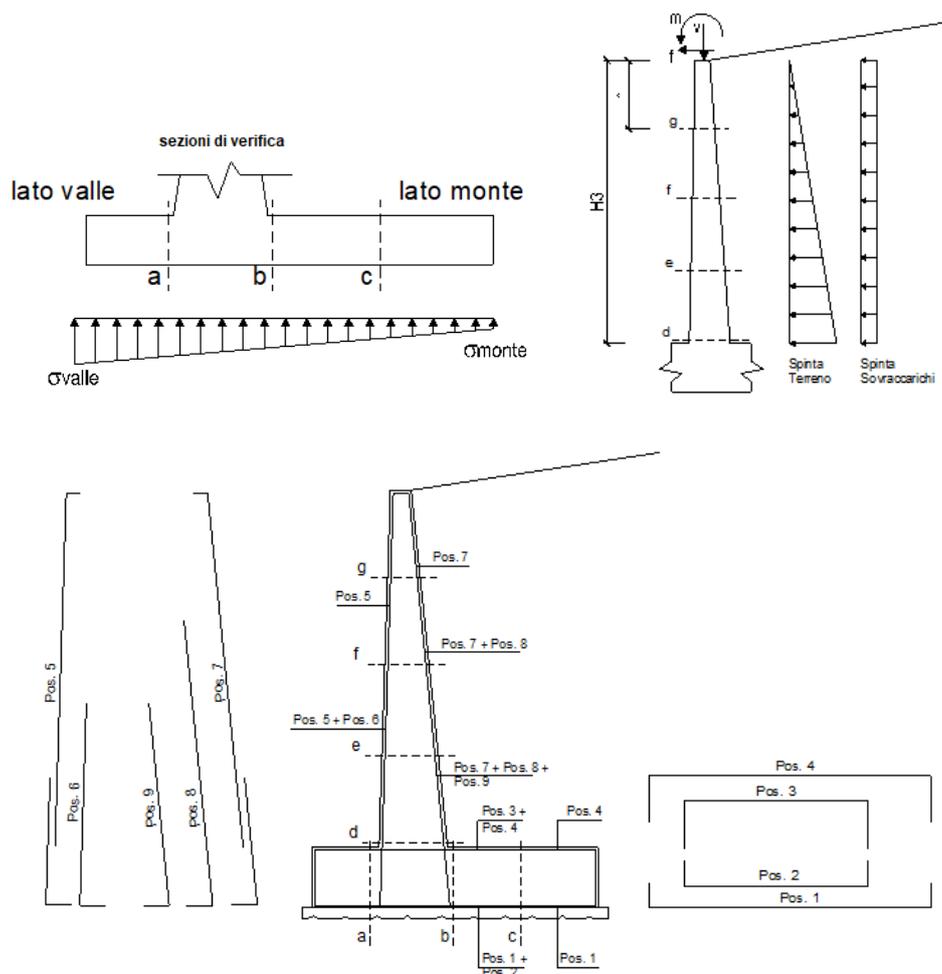
| sezione | h | V _{t stat} | V _{t sism} | V _q | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4.00 | 43.53 | 8.18 | 4.47 | 0.00 | 2.71 | 58.88 |
| e-e | 3.00 | 24.48 | 4.60 | 3.35 | 0.00 | 1.92 | 34.36 |
| f-f | 2.00 | 10.88 | 2.04 | 2.24 | 0.00 | 1.21 | 16.37 |
| g-g | 1.00 | 2.72 | 0.51 | 1.12 | 0.00 | 0.57 | 4.92 |

condizione sismica -

| sezione | h | M _{t stat} | M _{t sism} | M _q | M _{ext} | M _{inerzia} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp+inerzia} | N _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4.00 | 58.03 | 7.69 | 9.01 | 0.00 | 5.04 | 79.77 | 0.00 | 49.15 | 49.15 |
| e-e | 3.00 | 24.48 | 3.24 | 5.07 | 0.00 | 2.73 | 35.52 | 0.00 | 34.94 | 34.94 |
| f-f | 2.00 | 7.25 | 0.96 | 2.25 | 0.00 | 1.17 | 11.63 | 0.00 | 22.02 | 22.02 |
| g-g | 1.00 | 0.91 | 0.12 | 0.56 | 0.00 | 0.28 | 1.87 | 0.00 | 10.37 | 10.37 |

| sezione | h | V _{t stat} | V _{t sism} | V _q | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4.00 | 43.53 | 5.77 | 4.51 | 0.00 | 2.71 | 56.50 |
| e-e | 3.00 | 24.48 | 3.24 | 3.38 | 0.00 | 1.92 | 33.03 |
| f-f | 2.00 | 10.88 | 1.44 | 2.25 | 0.00 | 1.21 | 15.79 |
| g-g | 1.00 | 2.72 | 0.36 | 1.13 | 0.00 | 0.57 | 4.78 |

10.4.2 VERIFICHE SLU



Armatura minima

L'armatura minima principale in fondazione deve essere in percentuale non inferiore allo 0.20% dell'area di conglomerato.

L'armatura minima principale presente in zona tesa deve essere in percentuale non inferiore allo 0.15% dell'area di conglomerato per l'intera lunghezza.

L'armatura secondaria, ortogonale a quella principale, deve essere pari al massimo delle seguenti percentuali:

- 0.10% dell'area di conglomerato in entrambi i lembi;
- 20% dell'armatura principale.

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 59 di 83 |

Muro h = 4,00m su fondazione diretta

ARMATURE

| pos | n°/ml | φ | II strato | pos | n°/ml | φ | II strato |
|-----|-------|----|--------------------------|-----|-------|----|--------------------------|
| 1 | 10.0 | 16 | | 5 | 10.0 | 16 | |
| 2 | 0.0 | 0 | <input type="checkbox"/> | 6 | 0.0 | 0 | <input type="checkbox"/> |
| 3 | 0.0 | 0 | <input type="checkbox"/> | 7 | 10.0 | 20 | |
| 4 | 10.0 | 20 | | 8 | 0.0 | 0 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | 9 | 0.0 | 0 | <input type="checkbox"/> |

Pertanto l'armatura secondaria sarà pari a:

sez a – a: φ10/20cm (ripartitori in fondazione e in elevazione);

sez b – b: φ10/20cm (ripartitori in fondazione);

sez c – c: φ10/20cm (ripartitori in fondazione);

sez d – d: φ10/20cm (ripartitori in fondazione);

sez e – e: φ10/20cm (ripartitori in fondazione);

sez f – f: φ10/20cm (ripartitori in fondazione);

sez g – g: φ10/20cm (ripartitori in fondazione);

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | Mu |
|-------|---------|-------|------|--------------------|--------------------|--------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (kNm) |
| a - a | 17.00 | 0.00 | 0.60 | 20.11 | 31.42 | 388.33 |
| b - b | -251.79 | 0.00 | 0.60 | 31.42 | 20.11 | 578.41 |
| c - c | -115.08 | 0.00 | 0.60 | 31.42 | 20.11 | 578.41 |
| d - d | 131.91 | 50.50 | 0.61 | 31.42 | 20.11 | 601.89 |
| e - e | 63.59 | 35.91 | 0.56 | 31.42 | 20.11 | 533.18 |
| f - f | 23.55 | 22.63 | 0.51 | 31.42 | 20.11 | 465.45 |
| g - g | 4.71 | 10.66 | 0.45 | 31.42 | 20.11 | 398.61 |

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

| Sez. | V _{Ed} | h | V _{Rd} | ø staffe | i orizz. | i vert. | θ | V _{Rsd} | |
|-------|-----------------|------|-----------------|----------|----------|---------|------|------------------|----------------------------------|
| (-) | (kN) | (m) | (kN) | (mm) | (cm) | (cm) | (°) | (kN) | |
| a - a | 67.39 | 0.60 | 232.12 | 14 | 20 | 20 | 21.8 | 1734.81 | Armatura a taglio non necessaria |
| b - b | 80.81 | 0.60 | 269.35 | 14 | 20 | 20 | 21.8 | 1734.81 | Armatura a taglio non necessaria |
| c - c | 93.86 | 0.60 | 269.35 | 14 | 20 | 20 | 21.8 | 1734.81 | Armatura a taglio non necessaria |
| d - d | 84.82 | 0.61 | 278.32 | 14 | 20 | 20 | 21.8 | 1768.70 | Armatura a taglio non necessaria |
| e - e | 53.00 | 0.56 | 263.09 | 14 | 20 | 20 | 21.8 | 1590.81 | Armatura a taglio non necessaria |
| f - f | 28.26 | 0.51 | 247.47 | 14 | 20 | 20 | 21.8 | 1412.93 | Armatura a taglio non necessaria |
| g - g | 10.59 | 0.45 | 231.33 | 14 | 20 | 20 | 21.8 | 1235.04 | Armatura a taglio non necessaria |

10.4.3 VERIFICHE SLE TENSIONE

Condizione Statica

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | σ_c | σ_f |
|-------|---------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) |
| a - a | 14.18 | 0.00 | 0.60 | 20.11 | 31.42 | 0.37 | 15.38 |
| b - b | -182.98 | 0.00 | 0.60 | 31.42 | 20.11 | 4.15 | 128.95 |
| c - c | -83.28 | 0.00 | 0.60 | 31.42 | 20.11 | 1.89 | 58.69 |
| d - d | 96.98 | 50.50 | 0.61 | 31.42 | 20.11 | 2.18 | 59.21 |
| e - e | 46.39 | 35.91 | 0.56 | 31.42 | 20.11 | 1.25 | 30.35 |
| f - f | 16.99 | 22.63 | 0.51 | 31.42 | 20.11 | 0.56 | 11.44 |
| g - g | 3.34 | 10.66 | 0.45 | 31.42 | 20.11 | 0.14 | 1.79 |

Condizione Sismica

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | σ_c | σ_f |
|-------|---------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) |
| a - a | 14.88 | 0.00 | 0.60 | 20.11 | 31.42 | 0.39 | 16.15 |
| b - b | -203.11 | 0.00 | 0.60 | 31.42 | 20.11 | 4.61 | 143.13 |
| c - c | -89.66 | 0.00 | 0.60 | 31.42 | 20.11 | 2.03 | 63.19 |
| d - d | 82.92 | 49.15 | 0.61 | 31.42 | 20.11 | 1.87 | 49.73 |
| e - e | 36.84 | 34.94 | 0.56 | 31.42 | 20.11 | 1.00 | 23.14 |
| f - f | 12.02 | 22.02 | 0.51 | 31.42 | 20.11 | 0.40 | 7.21 |
| g - g | 1.92 | 10.37 | 0.45 | 31.42 | 20.11 | 0.08 | 0.52 |

10.4.4 VERIFICHE SLE FESSURAZIONE

condizione Frequente

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | σ_c | σ_f | wk | w _{amm} |
|-------|---------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|------------------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) | (mm) | (mm) |
| a - a | 14.18 | 0.00 | 0.60 | 20.11 | 31.42 | 0.37 | 15.38 | 0.021 | 0.200 |
| b - b | -182.98 | 0.00 | 0.60 | 31.42 | 20.11 | 4.15 | 128.95 | 0.155 | 0.200 |
| c - c | -83.28 | 0.00 | 0.60 | 31.42 | 20.11 | 1.89 | 58.69 | 0.071 | 0.200 |
| d - d | 96.98 | 50.50 | 0.61 | 31.42 | 20.11 | 2.18 | 59.21 | 0.071 | 0.200 |
| e - e | 46.39 | 35.91 | 0.56 | 31.42 | 20.11 | 1.25 | 30.35 | 0.035 | 0.200 |
| f - f | 16.99 | 22.63 | 0.51 | 31.42 | 20.11 | 0.56 | 11.44 | 0.013 | 0.200 |
| g - g | 3.34 | 10.66 | 0.45 | 31.42 | 20.11 | 0.14 | 1.79 | 0.002 | 0.200 |

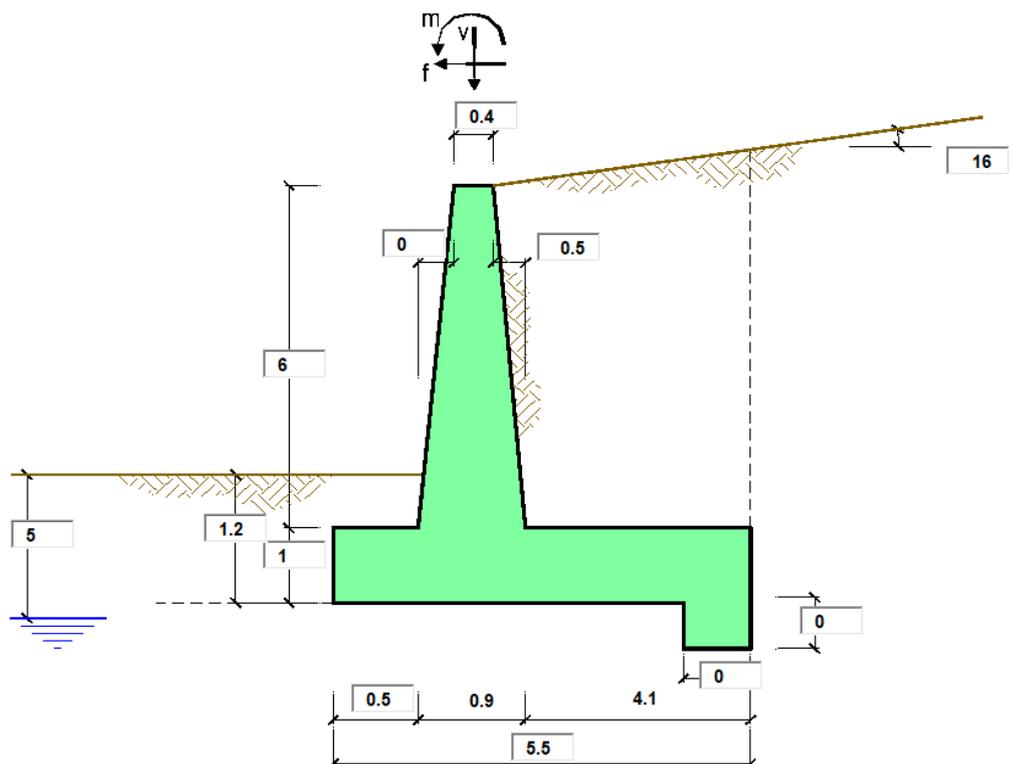
(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

condizione Quasi Permanente

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | σ_c | σ_f | wk | w _{amm} |
|-------|---------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|------------------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) | (mm) | (mm) |
| a - a | 11.01 | 0.00 | 0.60 | 20.11 | 31.42 | 0.29 | 11.94 | 0.016 | 0.200 |
| b - b | -119.20 | 0.00 | 0.60 | 31.42 | 20.11 | 2.70 | 84.00 | 0.101 | 0.200 |
| c - c | -55.09 | 0.00 | 0.60 | 31.42 | 20.11 | 1.25 | 38.82 | 0.047 | 0.200 |
| d - d | 58.03 | 50.50 | 0.61 | 31.42 | 20.11 | 1.32 | 32.42 | 0.038 | 0.200 |
| e - e | 24.48 | 35.91 | 0.56 | 31.42 | 20.11 | 0.67 | 13.52 | 0.015 | 0.200 |
| f - f | 7.25 | 22.63 | 0.51 | 31.42 | 20.11 | 0.25 | 3.08 | 0.003 | 0.200 |
| g - g | 0.91 | 10.66 | 0.45 | 31.42 | 20.11 | 0.04 | -0.09 | 0.000 | 0.200 |

11. PROGETTO E VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO "TIPO 2"

11.1 DATI DI INPUT



Geometria del Muro

| | | | |
|----------------------------|------|------|-----|
| Elevazione | H3 = | 6.00 | (m) |
| Aggetto Valle | B2 = | 0.00 | (m) |
| Spessore del Muro in Testa | B3 = | 0.40 | (m) |
| Aggetto monte | B4 = | 0.50 | (m) |

Geometria della Fondazione

| | | | |
|----------------------|------|------|-----|
| Larghezza Fondazione | B = | 5.50 | (m) |
| Spessore Fondazione | H2 = | 1.00 | (m) |
| Suola Lato Valle | B1 = | 0.50 | (m) |
| Suola Lato Monte | B5 = | 4.10 | (m) |
| Altezza dente | Hd = | 0.00 | (m) |
| Larghezza dente | Bd = | 0.00 | (m) |
| Mezzeria Sezione | Xc = | 2.75 | (m) |

| | | | |
|---------------------------------|------------------|-------|----------------------|
| Peso Specifico del Calcestruzzo | γ_{cls} = | 25.00 | (kN/m ³) |
|---------------------------------|------------------|-------|----------------------|

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| | | | | | |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 62 di 83 |

Dati geotecnici e carichi agenti – Condizione statica e sismica

| | | | valori caratteristici SLE | | valori di progetto | |
|-------------------------|--|----------------------|--|-------|--------------------|-------|
| | | | STR/GEO | EQU | STR/GEO | EQU |
| Dati Geotecnici | | | | | | |
| Dati Terrapieno | Angolo di attrito del terrapieno | (°) | ϕ' | 35.00 | 35.00 | 35.00 |
| | Peso Unità di Volume del terrapieno | (kN/m ³) | γ' | 19.00 | 19.00 | 19.00 |
| | Angolo di attrito terreno-superficie ideale | (°) | δ | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Dati Terreno Fondazione | Condizioni | | <input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate | | | |
| | Coesione Terreno di Fondazione | (kPa) | $c1'$ | 18.00 | 18.00 | 18.00 |
| | Angolo di attrito del Terreno di Fondazione | (°) | $\phi1'$ | 21.00 | 21.00 | 21.00 |
| | Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione | (kN/m ³) | $\gamma1$ | 21.00 | 21.00 | 21.00 |
| | Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione | (kN/m ³) | γd | 21.00 | 21.00 | 21.00 |
| | Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) | (m) | Hs | 8.00 | | |
| | Modulo di deformazione | (kN/m ²) | E | 6000 | | |

| | | | | | |
|--------------|--|--|---------|-----|--------------------------------|
| Dati Sismici | Accelerazione sismica | a_g/g | 0.094 | (-) | |
| | Coefficiente Amplificazione Stratigrafico | S_s | 1.5 | (-) | |
| | Coefficiente Amplificazione Topografico | S_T | 1 | (-) | |
| | Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima | β_s | 0.38 | (-) | RIBALTAMENTO β_s 0.57 |
| | Coefficiente sismico orizzontale | k_h | 0.05358 | (-) | k_h 0.08037 |
| | Coefficiente sismico verticale | k_v | 0.0268 | (-) | k_v 0.04019 |
| | 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 | 0.290 | 0.290 |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma + | k_{as+} | 0.323 | 0.340 |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma - | k_{as-} | 0.325 | 0.344 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva | k_p | 2.117 | 2.117 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma + | k_{ps+} | 2.039 | 2.000 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma - | k_{ps-} | 2.035 | 1.990 |

| | | | valori caratteristici SLE - sisma | | valori di progetto | |
|-----------------------|---|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|-------|
| | | | STR/GEO | EQU | STR/GEO | EQU |
| Carichi Agenti | | | | | | |
| Carichi permanenti | Sovraccarico permanente | (kN/m ²) | qp | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Sovraccarico su zattera di monte | <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no | | | | |
| | Forza Orizzontale in Testa permanente | (kN/m) | fp | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Forza Verticale in Testa permanente | (kN/m) | vp | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Momento in Testa permanente | (kNm/m) | mp | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Condizioni Statiche | Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche | (kN/m ²) | q | 17.00 | 24.65 | 24.65 |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche | (kN/m) | f | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche | (kN/m) | v | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Momento in Testa accidentale in condizioni statiche | (kNm/m) | m | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Coefficienti di combinazione | condizione frequente Ψ_1 | 1.00 | condizione quasi permanente Ψ_2 | 0.00 | |
| Condizioni Sismiche | Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche | (kN/m ²) | qs | 3.40 | | |
| | 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 | | |

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 63 di 83 |

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Calcestruzzo

classe cls

| | | |
|-----------------|-------|-------|
| Rck | 40 | (MPa) |
| fck | 32 | (MPa) |
| fc _m | 40 | (MPa) |
| E _c | 33346 | (MPa) |
| α _{cc} | 0.85 | |
| γ _c | 1.50 | |

| | | |
|--|-------|-------|
| $f_{od} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$ | 18.13 | (MPa) |
| $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$ | 3.02 | (MPa) |

Tensioni limite (tensioni ammissibili)

condizioni statiche

| | | |
|----------------|------|-----|
| σ _c | 19.2 | Mpa |
| σ _f | 360 | Mpa |

condizioni sismiche

| | | |
|----------------|------|-----|
| σ _c | 19.2 | Mpa |
| σ _f | 360 | Mpa |

Valore limite di apertura delle fessure

| | | | |
|------------------|---------------------------------|-----|----|
| Frequente | <input type="text" value="w1"/> | 0.2 | mm |
| Quasi Permanente | <input type="text" value="w1"/> | 0.2 | mm |

Acciaio

tipo di acciaio

| | | | |
|--|---|--------|-------|
| f _{yk} | = | 450 | (MPa) |
| γ _s | = | 1.15 | |
| f _{yd} = f _{yk} / γ _s | = | 391.30 | (MPa) |
| E _s | = | 210000 | (MPa) |
| ε _{ys} | = | 0.19% | |

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro (distanza asse armatura-bordo)

c = 8.00 (cm)

Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

c_{min} = 5.00 (cm)

Interfero tra I e II strato

i_{I-II} = 5.00 (cm)

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 64 di 83 |

11.2 CALCOLO DELLE AZIONI

11.2.1 FORZE VERTICALI E INERZIALI

FORZE VERTICALI

| | | | SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|--|--|--------|--------|---------|---------|
| - Peso del Muro (Pm) | | | | | |
| Pm1 = | $(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pm2 = | $(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 60.00 | 60.00 | 60.00 |
| Pm3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) | 37.50 | 37.50 | 37.50 |
| Pm4 = | $(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 137.50 | 137.50 | 137.50 |
| Pm5 = | $(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pm = | Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 | (kN/m) | 235.00 | 235.00 | 235.00 |
| - Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt) | | | | | |
| Pt1 = | $(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$ | (kN/m) | 467.40 | 467.40 | 467.40 |
| Pt2 = | $(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$ | (kN/m) | 57.64 | 57.64 | 57.64 |
| Pt3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')/2$ | (kN/m) | 28.50 | 28.50 | 28.50 |
| Sovr = | $qp \cdot (B4+B5)$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pt = | Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr | (kN/m) | 553.54 | 553.54 | 553.54 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B4+B5)$ | (kN/m) | 78.2 | 113.39 | |
| Sovr acc. Sism | $qs \cdot (B4+B5)$ | (kN/m) | 15.64 | | |

MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

| | | | SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|---|---|---------|---------|---------|---------|
| - Muro (Mm) | | | | | |
| Mm1 = | $Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mm2 = | $Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$ | (kNm/m) | 42.00 | 42.00 | 42.00 |
| Mm3 = | $Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 B4)$ | (kNm/m) | 40.00 | 40.00 | 40.00 |
| Mm4 = | $Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | 378.13 | 378.13 | 378.13 |
| Mm5 = | $Pm5 \cdot (B - Bd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mm = | Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 | (kNm/m) | 460.13 | 460.13 | 460.13 |
| - Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro | | | | | |
| Mt1 = | $Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$ | (kNm/m) | 1612.53 | 1612.53 | 1612.53 |
| Mt2 = | $Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$ | (kNm/m) | 228.64 | 228.64 | 228.64 |
| Mt3 = | $Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$ | (kNm/m) | 35.15 | 35.15 | 35.15 |
| Msovr = | $Sovr \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mt = | Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr | (kNm/m) | 1876.32 | 1876.32 | 1876.32 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$ | (kNm/m) | 250.24 | 362.848 | |
| Sovr acc. Sism | $qs \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$ | (kNm/m) | 50.048 | | |

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 65 di 83 |

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

| | | | | |
|--------|---------------|--------|-------|-------|
| Ps h = | $Pm \cdot kh$ | (kN/m) | 12.59 | 18.89 |
| Ps v = | $Pm \cdot kv$ | (kN/m) | 6.30 | 9.44 |

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

| | | | | |
|--------|---------------|--------|-------|-------|
| Ptsh = | $Pt \cdot kh$ | (kN/m) | 29.66 | 44.49 |
| Ptsv = | $Pt \cdot kv$ | (kN/m) | 14.83 | 22.24 |

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h)

| | | | | |
|----------|------------------------------------|---------|-------|-------|
| MPs1 h = | $kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3/3)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MPs2 h = | $kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | 12.86 | 19.29 |
| MPs3 h = | $kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3/3)$ | (kNm/m) | 6.03 | 9.04 |
| MPs4 h = | $kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$ | (kNm/m) | 3.68 | 5.53 |
| MPs5 h = | $-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MPs h = | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$ | (kNm/m) | 22.57 | 33.86 |

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs v)

| | | | | |
|----------|--|---------|-------|-------|
| MPs1 v = | $kv \cdot Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MPs2 v = | $kv \cdot Pm2 \cdot (B1 + B2 + B3/2)$ | (kNm/m) | 1.13 | 1.69 |
| MPs3 v = | $kv \cdot Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4/3)$ | (kNm/m) | 1.07 | 1.61 |
| MPs4 v = | $kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | 10.13 | 15.19 |
| MPs5 v = | $kv \cdot Pm5 \cdot (B - Bd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MPs v = | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$ | (kNm/m) | 12.33 | 18.49 |

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h)

| | | | | |
|-----------|--|---------|--------|--------|
| MPts1 h = | $kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | 100.17 | 150.26 |
| MPts2 h = | $kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$ | (kNm/m) | 36.87 | 55.31 |
| MPts3 h = | $kh \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3 \cdot 2/3)$ | (kNm/m) | 7.64 | 11.45 |
| MPts h = | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | 144.68 | 217.02 |

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts v)

| | | | | |
|-----------|--|---------|-------|-------|
| MPts1 v = | $kv \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) - (B - B5/2) \cdot 0.5)$ | (kNm/m) | 43.20 | 64.80 |
| MPts2 v = | $kv \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0.5)$ | (kNm/m) | 6.38 | 9.57 |
| MPts3 v = | $kv \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2/3) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0.5)$ | (kNm/m) | 1.26 | 1.89 |
| MPts v = | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | 50.84 | 76.26 |

11.2.2 SPINTE IN CONDIZIONE STATICA

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|---|---|--------|---------|---------|
| - Spinta totale condizione statica | | | | |
| St = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) | 197.40 | 256.62 |
| Sq perm = | $q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sq acc = | $q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$ | (kN/m) | 42.46 | 61.57 |
| - Componente orizzontale condizione statica | | | | |
| Sth = | $St \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 188.26 | 244.74 |
| Sqh perm = | $Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sqh acc = | $Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 40.50 | 58.72 |
| - Componente verticale condizione statica | | | | |
| Stv = | $St \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 59.36 | 77.17 |
| Sqv perm = | $Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sqv acc = | $Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 12.77 | 18.51 |
| - Spinta passiva sul dente | | | | |
| Sp = | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|-------------|---|---------|---------|---------|
| MSt1 = | $St \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd)$ | (kNm/m) | 522.06 | 678.67 |
| MSt2 = | $St \cdot B$ | (kNm/m) | 326.48 | 424.42 |
| MSq1 perm = | $Sqh \text{ perm} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MSq1 acc = | $Sqh \text{ acc} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd)$ | (kNm/m) | 168.45 | 244.25 |
| MSq2 perm = | $Sqv \text{ perm} \cdot B$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MSq2 acc = | $Sqv \text{ acc} \cdot B$ | (kNm/m) | 70.23 | 101.83 |
| MSp = | $\gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | | |
|----------|-----------------------------------|---------|------|------|
| Mfext1 = | $mp + m$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mfext2 = | $(fp + f) \cdot (H3 + H2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mfext3 = | $(vp + v) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 67 di 83 |

11.2.3 SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|-----|---------|---------|
|-----|---------|---------|

- Spinta condizione sismica +

| | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|
| Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) | 197.40 | 197.40 | 197.40 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ - Sst1\ stat$ | (kN/m) | 35.37 | 35.37 | 55.07 |
| Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$ | (kN/m) | 9.75 | 9.75 | 10.44 |

- Componente orizzontale condizione sismica +

| | | | | |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Sst1h stat = Sst1 stat * cos δ | (kN/m) | 188.26 | 188.26 | 188.26 |
| Sst1h sism = Sst1 sism * cos δ | (kN/m) | 33.73 | 33.73 | 52.52 |
| Ssq1h perm = Ssq1 perm * cos δ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1h acc = Ssq1 acc * cos δ | (kN/m) | 9.30 | 9.30 | 9.96 |

- Componente verticale condizione sismica +

| | | | | |
|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Sst1v stat = Sst1 stat * sen δ | (kN/m) | 59.36 | 59.36 | 59.36 |
| Sst1v sism = Sst1 sism * sen δ | (kN/m) | 10.64 | 10.64 | 16.56 |
| Ssq1v perm = Ssq1 perm * sen δ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1v acc = Ssq1 acc * sen δ | (kN/m) | 2.93 | 2.93 | 3.14 |

- Spinta passiva sul dente

| | | | | |
|---|--------|------|------|------|
| $Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1' \cdot (1+kv) \cdot Hd^2 \cdot kps^+ + (2 \cdot c_1' \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1' \cdot (1+kv) \cdot kps^+ \cdot H2) \cdot Hd$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|---|--------|------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|-----|---------|---------|
|-----|---------|---------|

- Condizione sismica +

| | | | | |
|--|-----------|--------|--------|--------|
| MSst1 stat = Sst1h stat * ((H2+H3+H4+hd)/3-hd) | (kNm/m) | 522.06 | 522.06 | 522.06 |
| MSst1 sism = Sst1h sism * ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd) | (kNm/m) | 93.53 | 93.53 | 145.64 |
| MSst2 stat = Sst1v stat * B | (kNm/m) | 326.48 | 326.48 | 326.48 |
| MSst2 sism = Sst1v sism * B | (kNm/m) | 58.49 | 58.49 | 91.08 |
| MSsq1 = Ssq1h * ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd) | (kNm/m) | 38.69 | 38.69 | 41.42 |
| MSsq2 = Ssq1v * B | (kNm/m) | 16.13 | 16.13 | 17.27 |
| MSp = $\gamma_1' \cdot Hd^3 \cdot kps^+ / 3 + (2 \cdot c_1' \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1' \cdot kps^+ \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | |
|----------------------------------|-----------|------|
| Mfext1 = mp+ms | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext2 = (fp+fs)*(H3 + H2) | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext3 = (vp+vs)*(B1 +B2 + B3/2) | (kNm/m) | 0.00 |

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 68 di 83 |

11.2.4 SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|-----|---------|---------|
|-----|---------|---------|

- Spinta condizione sismica -

| | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|
| Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) | 197.40 | 197.40 | 197.40 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas - Sst1\ stat$ | (kN/m) | 24.94 | 24.94 | 39.76 |
| Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas$ | (kN/m) | 9.83 | 9.83 | 10.63 |

- Componente orizzontale condizione sismica -

| | | | | |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Sst1h stat = Sst1 stat * cos δ | (kN/m) | 188.26 | 188.26 | 188.26 |
| Sst1h sism = Sst1 sism * cos δ | (kN/m) | 23.78 | 23.78 | 37.92 |
| Ssq1h perm = Ssq1 perm * cos δ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1h acc = Ssq1 acc * cos δ | (kN/m) | 9.37 | 9.37 | 10.14 |

- Componente verticale condizione sismica -

| | | | | |
|---------------------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Sst1v stat = Sst1 stat * sen δ | (kN/m) | 59.36 | 59.36 | 59.36 |
| Sst1v sism = Sst1 sism * sen δ | (kN/m) | 7.50 | 7.50 | 11.96 |
| Ssq1v perm = Ssq1 perm * sen δ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1v acc = Ssq1 acc * sen δ | (kN/m) | 2.96 | 2.96 | 3.20 |

- Spinta passiva sul dente

| | | | | |
|--|--------|------|------|------|
| $Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1-kv) \cdot Hd^2 \cdot kps + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{-0.5} + \gamma_1 \cdot (1-kv) \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|--|--------|------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| SLE | STR/GEO | EQU/RIB |
|-----|---------|---------|
|-----|---------|---------|

- Condizione sismica -

| | | | | |
|--|-----------|--------|--------|--------|
| MSst1 stat = Sst1h stat * ((H2+H3+H4+hd)/3-hd) | (kNm/m) | 522.06 | 522.06 | 522.06 |
| MSst1 sism = Sst1h sism * ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd) | (kNm/m) | 65.95 | 65.95 | 105.14 |
| MSst2 stat = Sst1v stat * B | (kNm/m) | 326.48 | 326.48 | 326.48 |
| MSst2 sism = Sst1v sism * B | (kNm/m) | 41.24 | 41.24 | 65.75 |
| MSsq1 = Ssq1h * ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd) | (kNm/m) | 38.99 | 38.99 | 42.17 |
| MSsq2 = Ssq1v * B | (kNm/m) | 16.26 | 16.26 | 17.58 |
| MSp = $\gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps + 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{0.5} + \gamma_1 \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | |
|----------------------------------|-----------|------|
| Mfext1 = mp+ms | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext2 = (fp+fs)*(H3 + H2) | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext3 = (vp+vs)*(B1 +B2 + B3/2) | (kNm/m) | 0.00 |

11.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

11.3.1 VERIFICA STATICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

| | | | | |
|---|---|-------------|-------------|------------|
| Risultante forze verticali (N) | | | | |
| $N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv \text{ perm}} + S_{qv \text{ acc}}$ | 884.22 | (kN/m) | | |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| $T = S_{th} + S_{qh} + f$ | 303.46 | (kN/m) | | |
| Coefficiente di attrito alla base (f) | | | | |
| $f = \tan \phi_1'$ | 0.38 | (-) | | |
| Fs scorr. | $(N \cdot f + S_p) / T$ | 1.12 | > | 1.1 |

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

| | | | | |
|--|----------------|-------------|-------------|-------------|
| Momento stabilizzante (Ms) | | | | |
| $M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$ | 2336.45 | (kNm/m) | | |
| Momento ribaltante (Mr) | | | | |
| $M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp}$ | 396.67 | (kNm/m) | | |
| Fs ribaltamento | Ms / Mr | 5.89 | > | 1.15 |

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

| | | | | |
|---|---------|---------|---------|-----------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| $N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} (+ S_{ovr \text{ acc}})$ | 884.22 | 884.22 | 997.61 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| $T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p$ | 303.46 | 303.46 | 303.46 | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| $MM = \sum M$ | 1939.78 | 2302.63 | 2302.63 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| $M = X_c \cdot N - MM$ | 491.84 | 440.81 | 440.81 | (kNm/m) |

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 70 di 83 |

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

| | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------|------|--|----------------------|
| c1' | coesione terreno di fondaz. | 18.00 | | | (kPa) |
| $\phi 1'$ | angolo di attrito terreno di fondaz. | 21.00 | | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 17.91 | | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma d \cdot H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 25.20 | | | (kN/m ²) |
| e = M / N | eccentricità | 0.56 | 0.44 | | (m) |
| B* = B - 2e | larghezza equivalente | 4.39 | 4.62 | | (m) |

I valori di N_c, N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | | |
|--|-------------------|-------|--|--|-----|
| $N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\phi))}$ | (1 in cond. nd) | 7.07 | | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$ | (2+π in cond. nd) | 15.81 | | | (-) |
| $N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi)$ | (0 in cond. nd) | 6.20 | | | (-) |

I valori di i_c, i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | | |
|---|-----------------|------|------|--|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cotg(\phi)))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.52 | 0.56 | | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.44 | 0.44 | | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cotg(\phi)))^{m+1}$ | | 0.38 | 0.38 | | (-) |

(fondazione nastriforme m = 2)

| | | | | | |
|------------------|--------------------------|--------|--------|--|----------------------|
| q _{lim} | (carico limite unitario) | 309.99 | 318.49 | | (kN/m ²) |
|------------------|--------------------------|--------|--------|--|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | F = q_{lim} · B* / N | N _{min} | 1.54 | > | 1.4 |
| | | N _{max} | 1.47 | > | |

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

11.3.2 VERIFICA SISMICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE

Condizione sismica +

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-------------|----------|
| Risultante forze verticali (N) | | | | | |
| $N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$ | | | 882.59 | (kN/m) | |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | | |
| $T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh}$ | | | 273.54 | (kN/m) | |
| Coefficiente di attrito alla base (f) | | | | | |
| $f = \text{tg}\phi_1'$ | | | 0.38 | (-) | |
| $F_s = (N \cdot f + S_p) / T$ | | | 1.24 | > | 1 |

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|-------------|----------|
| Momento stabilizzante (Ms) | | | | | |
| $M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$ | | | 2336.45 | (kNm/m) | |
| Momento ribaltante (Mr) | | | | | |
| $M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$ | | | 430.42 | (kNm/m) | |
| $F_r = M_s / M_r$ | | | 5.43 | > | 1 |

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

| | | | | |
|---|--|---------|---------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| $N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (Sovr\ acc)$ | | 882.59 | 898.23 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| $T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$ | | 273.54 | | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| $MM = \sum M$ | | 1979.18 | 2029.23 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| $M = X_c \cdot N - MM$ | | 447.95 | 440.91 | (kNm/m) |

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 72 di 83 |

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

| | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------|------|--|----------------------|
| c1' | coesione terreno di fondaz. | 18.00 | | | (kN/mq) |
| $\phi 1'$ | angolo di attrito terreno di fondaz. | 21.00 | | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 17.91 | | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma d \cdot H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 25.20 | | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0.51 | 0.49 | | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 4.48 | 4.52 | | (m) |

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | | |
|--|------------------------|-------|--|--|-----|
| $N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\phi'))}$ | (1 in cond. nd) | 7.07 | | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi')$ | (2+ π in cond. nd) | 15.81 | | | (-) |
| $N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi')$ | (0 in cond. nd) | 6.20 | | | (-) |

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | | |
|--|-----------------|------|------|--|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi')))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.56 | 0.57 | | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.49 | 0.50 | | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi')))^{m+1}$ | | 0.42 | 0.42 | | (-) |

(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|--|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 344.47 | 348.37 | | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|--|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} \cdot B^* / N$ | Nmin | 1.75 | > | 1.2 |
| | | Nmax | 1.75 | > | |

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA VALLELUNGA – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3b) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITA' – LOTTO 3B | | | | | |
| | SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI D'IMBOCCO | COMMESSA RS3T | LOTTO 30 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO SL 09 0 0 002 | REV. A |

Condizione sismica -

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 837.23 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 263.67 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\varphi_1' \quad 0.38 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.22} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 2336.45 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 605.19 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{3.86} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad \begin{matrix} N_{min} \\ 837.23 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{max} \\ 852.87 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 263.67 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 1863.00 \quad 1913.05 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 439.38 \quad 432.34 \quad (\text{kNm/m})$$

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 74 di 83 |

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

| | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------|------|--|----------------------|
| c1' | coesione terreno di fondaz. | 18.00 | | | (kN/mq) |
| $\phi 1'$ | angolo di attrito terreno di fondaz. | 21.00 | | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 17.91 | | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma d \cdot H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 25.20 | | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0.52 | 0.51 | | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 4.45 | 4.49 | | (m) |

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | | |
|--|--------------------------|-------|--|--|-----|
| $N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\phi))}$ | (1 in cond. nd) | 7.07 | | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$ | ($2 + \pi$ in cond. nd) | 15.81 | | | (-) |
| $N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi)$ | (0 in cond. nd) | 6.20 | | | (-) |

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | | |
|---|-----------------|------|------|--|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi)))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.56 | 0.57 | | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.49 | 0.49 | | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi)))^{m+1}$ | | 0.42 | 0.42 | | (-) |

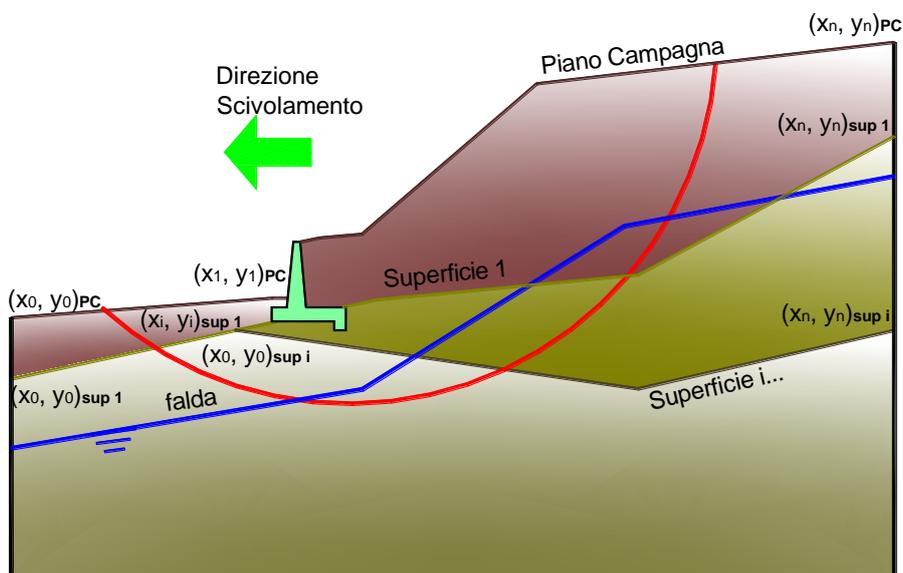
(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|--|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 341.54 | 345.68 | | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|--|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|-------------|-------------|-------------|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} \cdot B^* / N$ | Nmin | 1.82 | > | 1.2 |
| | | Nmax | 1.82 | > | 1.2 |

11.3.3 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE – COND. DRENATE

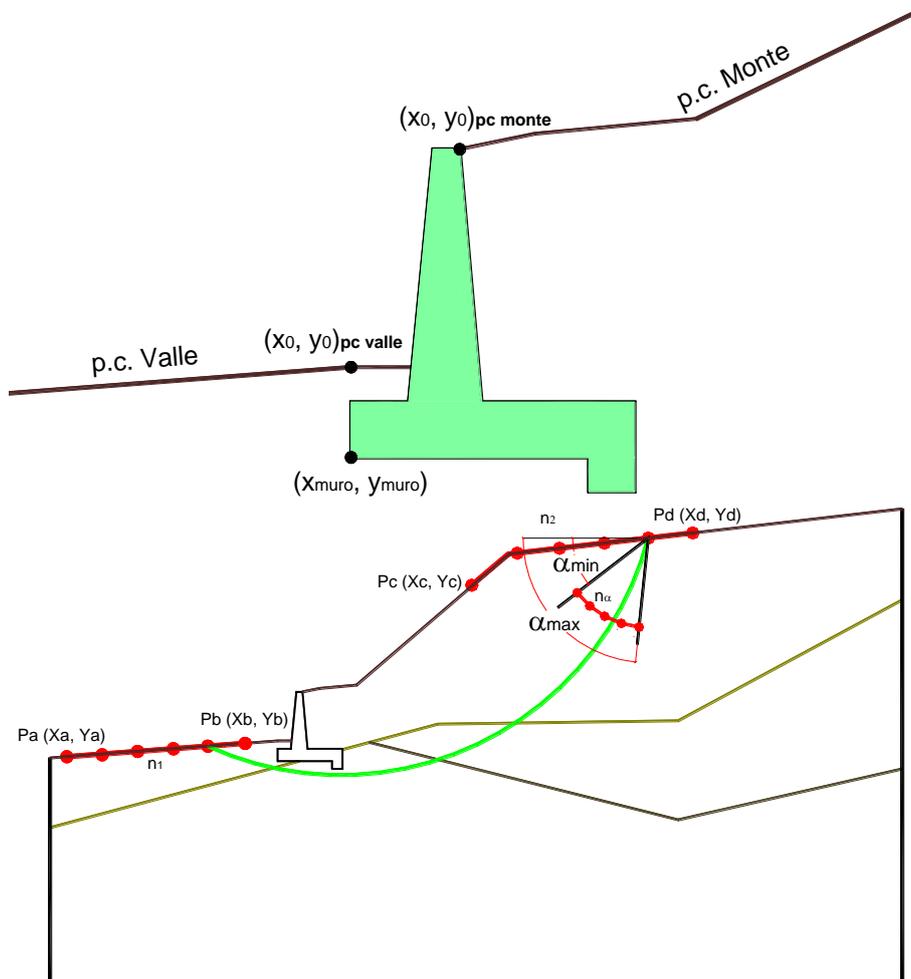
Le analisi di stabilità, di seguito riportate, sono state effettuate limitando la ricerca delle potenziali superfici di scorrimento critiche alla fascia più prossima alla linea stradale.



| | γ [kN/m ³] | ϕ [°] | c [kPa] | Descrizione |
|-------------|----------------------------------|---------------|--------------|--------------------|
| materiale 1 | 19.00 | 24.7913 | 0 | Rilevato - riporto |
| materiale 2 | 21.00 | 17.0713 | 14.4 | FYN4 |

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

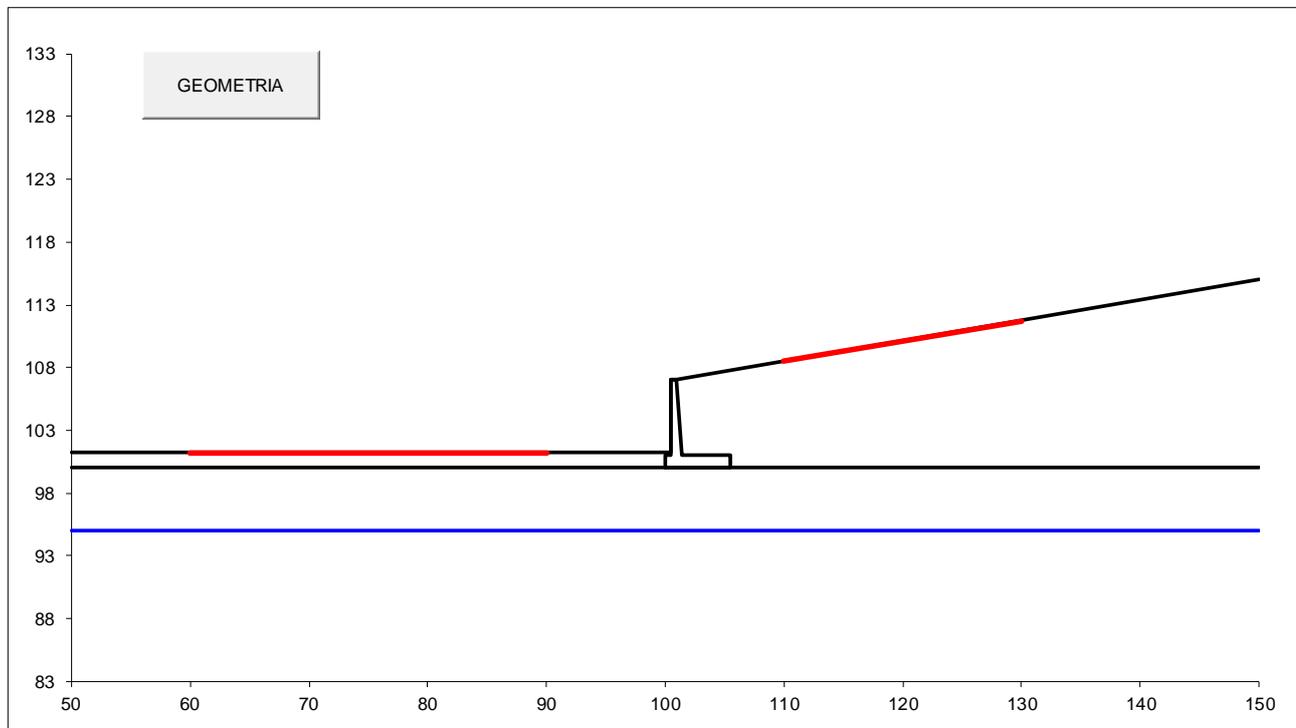
| | | | | | |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 76 di 83 |



| p.c. valle | | | p.c. monte | | | superficie 1 | | superficie 2 | | superficie 3 | | Ida | | |
|------------|-------------|---------|------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------|--------------|--------------------------|--------------|---|--------------------------|-------------|--------|
| | materiale 1 | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | materiale 2 | | <input type="checkbox"/> | materiale 4 | | <input type="checkbox"/> | materiale 2 | |
| | x | y | | x | y | | x | y | | x | y | | x | y |
| 0 | 100.000 | 101.200 | 0 | 100.900 | 107.000 | 0 | 50.000 | 100.000 | 0 | | | 0 | 50.000 | 95.000 |
| 1 | 50.000 | 101.200 | 1 | 150.000 | 115.000 | 1 | 150.000 | 100.000 | 1 | | | 1 | 150.000 | 95.000 |

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| | | | | | |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 77 di 83 |



| |
|----------|
| #strisce |
| 30 |

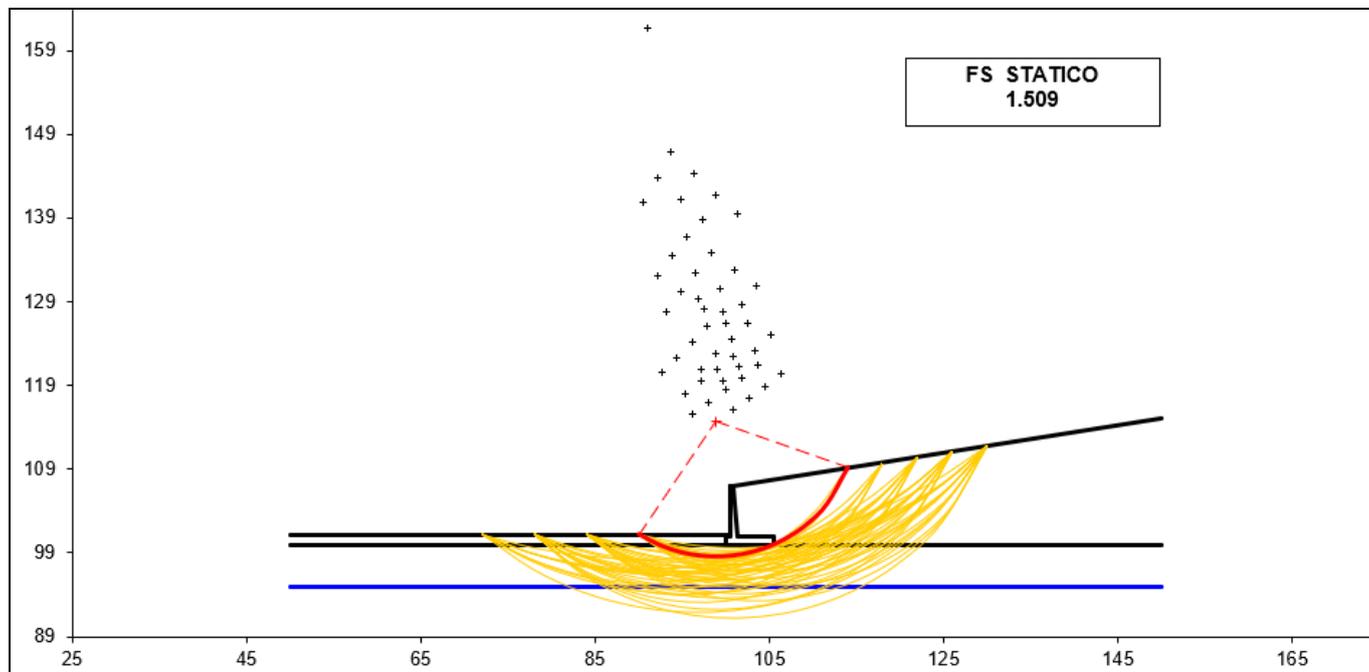
| # Superfici Calcolate | FS Bishop | |
|-----------------------|-----------|-------|
| | STATICO | 1.509 |
| 79 | SISMICO | 1.129 |

| |
|---------|
| CALCOLO |
|---------|

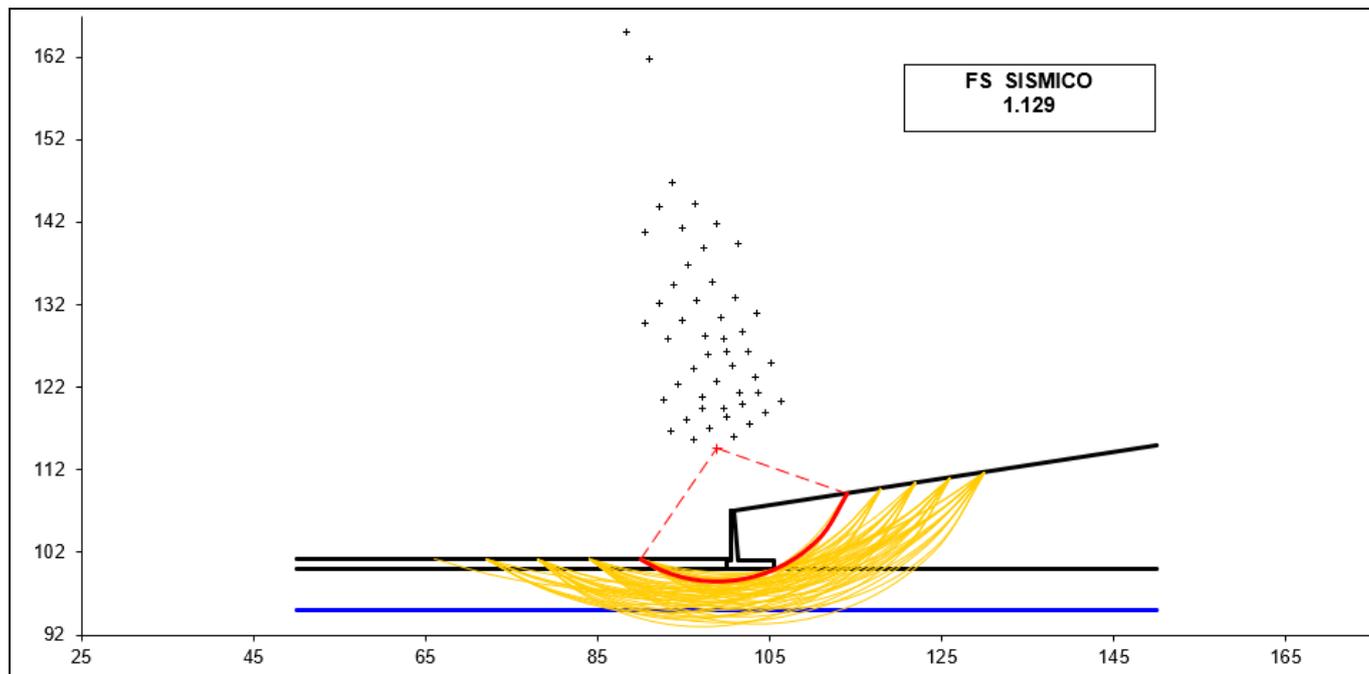
SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 78 di 83 |

Condizioni statiche



Condizioni sismiche



11.4 VERIFICHE STRUTTURALI

11.4.1 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Reazione del terreno

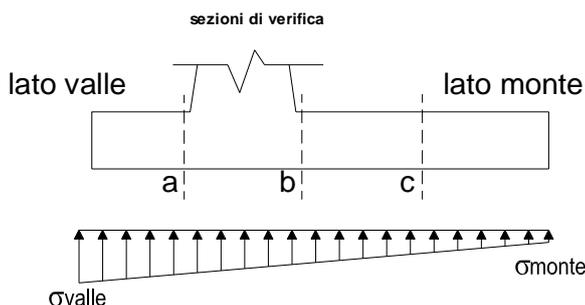
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 5.50 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 5.04 \quad (m^3)$$

| caso | N | M | σ_{valle} | σ_{monte} |
|---------|--------|--------|----------------------|----------------------|
| | [kN] | [kNm] | [kN/m ²] | [kN/m ²] |
| statico | 884.22 | 491.84 | 258.32 | 63.21 |
| | 997.61 | 440.81 | 268.82 | 93.95 |
| sisma+ | 882.59 | 447.95 | 249.32 | 71.62 |
| | 898.23 | 440.91 | 250.77 | 75.86 |
| sisma- | 837.23 | 439.38 | 239.37 | 65.07 |
| | 852.87 | 432.34 | 240.82 | 69.31 |



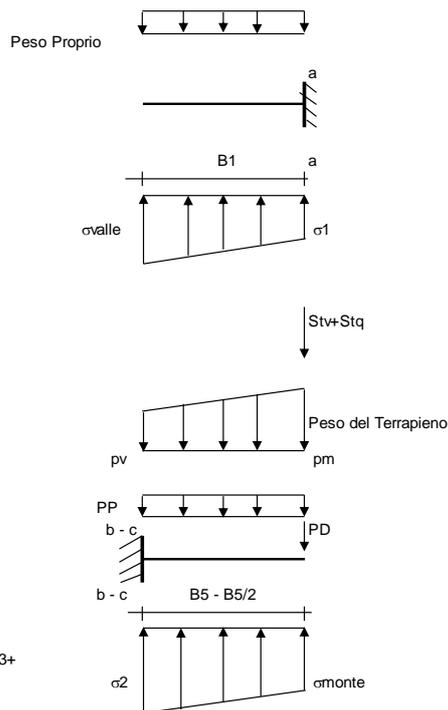
Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 25.00 (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 | σ_{valle} | σ_1 | Ma | Va |
|---------|----------------------|----------------------|-------|--------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 258.32 | 240.58 | 28.43 | 112.23 |
| | 268.82 | 252.92 | 29.81 | 117.93 |
| sisma+ | 249.32 | 233.17 | 27.28 | 111.83 |
| | 250.77 | 234.87 | 27.56 | 112.55 |
| sisma- | 239.37 | 223.53 | 26.22 | 106.85 |
| | 240.82 | 225.23 | 26.33 | 107.58 |



Mensola Lato Monte

PP = 25.00 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione

PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

| | Nmin | N max stat | N max sism | |
|-----|--------|------------|------------|----------------------|
| pm | 139.06 | 163.71 | 142.46 | (kN/m ²) |
| pvb | 116.72 | 141.37 | 120.12 | (kN/m ²) |
| pvc | 127.89 | 152.54 | 131.29 | (kN/m ²) |

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 b - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + Msp + Sp \cdot H2/2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2)^2 / 2 + (\sigma_2 c - \sigma_{monte}) \cdot (B/2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B/2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + Msp + Sp \cdot H2/2$$

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

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

| caso | σ_{monte} | $\sigma_2 b$ | Mb | Vb | $\sigma_2 c$ | Mc | Vc |
|---------|----------------------|----------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 63.21 | 208.66 | -769.85 | -165.21 | 135.94 | -349.29 | -219.87 |
| | 93.95 | 224.31 | -760.96 | -171.18 | 159.13 | -341.79 | -215.12 |
| sisma+ | 71.62 | 204.09 | -677.51 | -151.37 | 137.86 | -298.55 | -191.79 |
| | 75.86 | 206.25 | -677.05 | -152.57 | 141.05 | -297.71 | -191.33 |
| sisma- | 65.07 | 195.01 | -656.35 | -146.72 | 130.04 | -288.76 | -186.00 |
| | 69.31 | 197.16 | -654.36 | -147.17 | 133.24 | -287.54 | -185.16 |

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3T 30 D 78 CL SL 09 0 0 002 A 80 di 83

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$$M_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{\text{orizz}}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{t \text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{\text{orizz}}} \cdot (1 \pm k_v) - K_{a_{\text{orizz}}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad \text{o} \quad h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{\text{orizz}}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{\text{ext}} = m + f \cdot h$$

$$M_{\text{inerzia}} = \Sigma P m_i \cdot b_i \cdot k h$$

$$N_{\text{ext}} = v$$

$$N_{\text{pp+inerzia}} = \Sigma P m_i \cdot (1 \pm k_v)$$

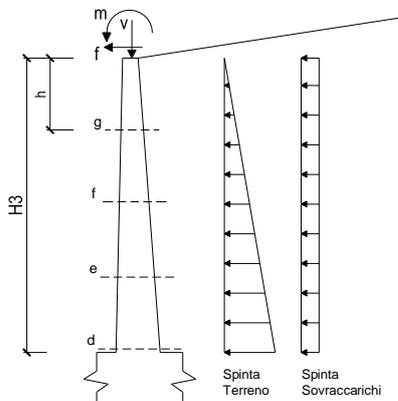
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{\text{orizz}}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot h^2$$

$$V_{t \text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{\text{orizz}}} \cdot (1 \pm k_v) - K_{a_{\text{orizz}}}) \cdot h^2$$

$$V_q = K_{a_{\text{orizz}}} \cdot q \cdot h$$

$$V_{\text{ext}} = f$$

$$V_{\text{inerzia}} = \Sigma P m_i \cdot k h$$



condizione statica

| sezione | h [m] | Mt [kNm/m] | Mq [kNm/m] | Mext [kNm/m] | Mtot [kNm/m] | Next [kN/m] | Npp [kN/m] | Ntot [kN/m] |
|---------|----------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|
| d-d | 6.00 | 254.62 | 127.05 | 0.00 | 381.68 | 0.00 | 97.50 | 97.50 |
| e-e | 4.50 | 107.42 | 71.47 | 0.00 | 178.89 | 0.00 | 66.09 | 66.09 |
| f-f | 3.00 | 31.83 | 31.76 | 0.00 | 63.59 | 0.00 | 39.38 | 39.38 |
| g-g | 1.50 | 3.98 | 7.94 | 0.00 | 11.92 | 0.00 | 17.34 | 17.34 |

| sezione | h [m] | Vt [kN/m] | Vq [kN/m] | Vext [kN/m] | Vtot [kN/m] |
|---------|----------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| d-d | 6.00 | 127.31 | 42.35 | 0.00 | 169.66 |
| e-e | 4.50 | 71.61 | 31.76 | 0.00 | 103.38 |
| f-f | 3.00 | 31.83 | 21.18 | 0.00 | 53.00 |
| g-g | 1.50 | 7.96 | 10.59 | 0.00 | 18.54 |

condizione sismica +

| sezione | h [m] | Mt stat [kNm/m] | Mt sism [kNm/m] | Mq [kNm/m] | Mext [kNm/m] | Minerzia [kNm/m] | Mtot [kNm/m] | Next [kN/m] | Npp+inerzia [kN/m] | Ntot [kN/m] |
|---------|----------|--------------------|--------------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|----------------|-----------------------|----------------|
| d-d | 6.00 | 195.86 | 36.79 | 20.13 | 0.00 | 13.66 | 266.45 | 0.00 | 100.11 | 100.11 |
| e-e | 4.50 | 82.63 | 15.52 | 11.32 | 0.00 | 7.12 | 116.59 | 0.00 | 67.86 | 67.86 |
| f-f | 3.00 | 24.48 | 4.60 | 5.03 | 0.00 | 2.91 | 37.03 | 0.00 | 40.43 | 40.43 |
| g-g | 1.50 | 3.06 | 0.57 | 1.26 | 0.00 | 0.67 | 5.56 | 0.00 | 17.81 | 17.81 |

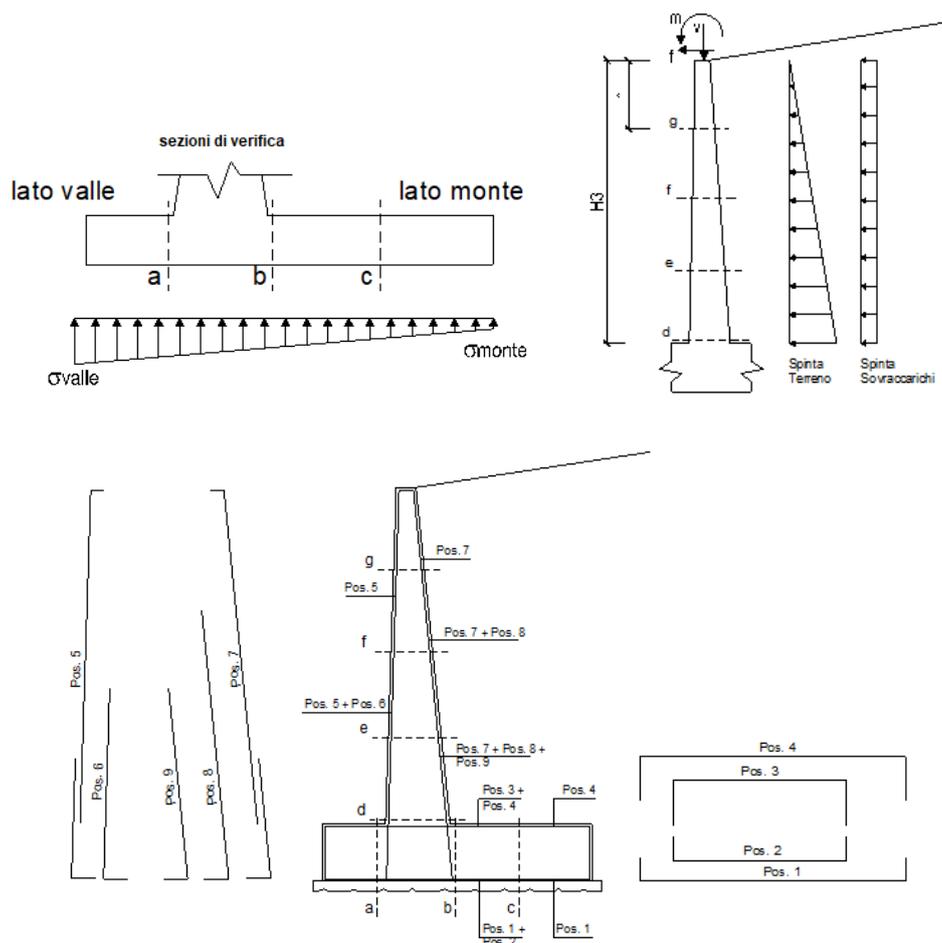
| sezione | h [m] | Vt stat [kN/m] | Vt sism [kN/m] | Vq [kN/m] | Vext [kN/m] | Vinerzia [kN/m] | Vtot [kN/m] |
|---------|----------|-------------------|-------------------|--------------|----------------|--------------------|----------------|
| d-d | 6.00 | 97.93 | 18.40 | 6.71 | 0.00 | 5.22 | 128.26 |
| e-e | 4.50 | 55.09 | 10.35 | 5.03 | 0.00 | 3.54 | 74.01 |
| f-f | 3.00 | 24.48 | 4.60 | 3.35 | 0.00 | 2.11 | 34.55 |
| g-g | 1.50 | 6.12 | 1.15 | 1.68 | 0.00 | 0.93 | 9.88 |

condizione sismica -

| sezione | h [m] | Mt stat [kNm/m] | Mt sism [kNm/m] | Mq [kNm/m] | Mext [kNm/m] | Minerzia [kNm/m] | Mtot [kNm/m] | Next [kN/m] | Npp+inerzia [kN/m] | Ntot [kN/m] |
|---------|----------|--------------------|--------------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|----------------|-----------------------|----------------|
| d-d | 6.00 | 195.86 | 25.94 | 20.28 | 0.00 | 13.66 | 255.75 | 0.00 | 94.89 | 94.89 |
| e-e | 4.50 | 82.63 | 10.95 | 11.41 | 0.00 | 7.12 | 112.10 | 0.00 | 64.32 | 64.32 |
| f-f | 3.00 | 24.48 | 3.24 | 5.07 | 0.00 | 2.91 | 35.71 | 0.00 | 38.32 | 38.32 |
| g-g | 1.50 | 3.06 | 0.41 | 1.27 | 0.00 | 0.67 | 5.40 | 0.00 | 16.88 | 16.88 |

| sezione | h [m] | Vt stat [kN/m] | Vt sism [kN/m] | Vq [kN/m] | Vext [kN/m] | Vinerzia [kN/m] | Vtot [kN/m] |
|---------|----------|-------------------|-------------------|--------------|----------------|--------------------|----------------|
| d-d | 6.00 | 97.93 | 12.97 | 6.76 | 0.00 | 5.22 | 122.89 |
| e-e | 4.50 | 55.09 | 7.30 | 5.07 | 0.00 | 3.54 | 71.00 |
| f-f | 3.00 | 24.48 | 3.24 | 3.38 | 0.00 | 2.11 | 33.22 |
| g-g | 1.50 | 6.12 | 0.81 | 1.69 | 0.00 | 0.93 | 9.55 |

11.4.2 VERIFICHE SLU



Armatura minima

L'armatura minima principale in fondazione deve essere in percentuale non inferiore allo 0.20% dell'area di conglomerato.

L'armatura minima principale presente in zona tesa deve essere in percentuale non inferiore allo 0.15% dell'area di conglomerato per l'intera lunghezza.

L'armatura secondaria, ortogonale a quella principale, deve essere pari al massimo delle seguenti percentuali:

- 0.10% dell'area di conglomerato in entrambi i lembi;
- 20% dell'armatura principale.

SL09 - SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL
PIAZZALE PT58: RELAZIONE DI CALCOLO MURI
D'IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|---------------|------|----------|
| RS3T | 30 D 78 | CL | SL 09 0 0 002 | A | 82 di 83 |

Muro $h = 6\text{ m}$ su fondazione diretta

ARMATURE

| pos | n°/ml | ϕ | Il strato | pos | n°/ml | ϕ | Il strato |
|-----|-------|--------|-------------------------------------|-----|-------|--------|--------------------------|
| 1 | 10.0 | 16 | | 5 | 10.0 | 16 | |
| 2 | 0.0 | 16 | <input type="checkbox"/> | 6 | 0.0 | 0 | <input type="checkbox"/> |
| 3 | 10.0 | 16 | <input checked="" type="checkbox"/> | 7 | 10.0 | 20 | |
| 4 | 10.0 | 20 | | 8 | 0.0 | 0 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | 9 | 0.0 | 0 | <input type="checkbox"/> |

Pertanto l'armatura secondaria sarà pari a:

sez a – a: $\phi 10/20\text{cm}$ (ripartitori in fondazione e in elevazione);

sez b – b: $\phi 10/20\text{cm}$ (ripartitori in fondazione);

sez c – c: $\phi 10/20\text{cm}$ (ripartitori in fondazione);

sez d – d: $\phi 10/20\text{cm}$ (ripartitori in fondazione);

sez e – e: $\phi 10/20\text{cm}$ (ripartitori in fondazione);

sez f – f: $\phi 10/20\text{cm}$ (ripartitori in fondazione);

sez g – g: $\phi 10/20\text{cm}$ (ripartitori in fondazione);

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | Mu |
|-------|---------|-------|------|--------------------|--------------------|---------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (kNm) |
| a - a | 29.81 | 0.00 | 1.00 | 20.11 | 51.52 | 737.43 |
| b - b | -769.85 | 0.00 | 1.00 | 51.52 | 20.11 | 1677.88 |
| c - c | -349.29 | 0.00 | 1.00 | 31.42 | 20.11 | 1070.13 |
| d - d | 381.68 | 97.50 | 0.90 | 31.42 | 20.11 | 982.92 |
| e - e | 178.89 | 66.09 | 0.78 | 31.42 | 20.11 | 813.63 |
| f - f | 63.59 | 39.38 | 0.65 | 31.42 | 20.11 | 649.39 |
| g - g | 11.92 | 17.34 | 0.53 | 31.42 | 20.11 | 489.32 |

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

| Sez. | V _{Ed} | h | V _{rd} | ϕ staffe | i orizz. | i vert. | θ | V _{Rsd} | |
|-------|-----------------|------|-----------------|---------------|----------|---------|----------|------------------|----------------------------------|
| (-) | (kN) | (m) | (kN) | (mm) | (cm) | (cm) | (°) | (kN) | |
| a - a | 117.93 | 1.00 | 321.26 | 14 | 20 | 20 | 21.8 | 3090.14 | Armatura a taglio non necessaria |
| b - b | 171.18 | 1.00 | 421.73 | 14 | 20 | 20 | 21.8 | 3090.14 | Armatura a taglio non necessaria |
| c - c | 219.87 | 1.00 | 357.62 | 14 | 20 | 20 | 21.8 | 3090.14 | Armatura a taglio non necessaria |
| d - d | 169.66 | 0.90 | 350.48 | 14 | 20 | 20 | 21.8 | 2751.31 | Armatura a taglio non necessaria |
| e - e | 103.38 | 0.78 | 319.23 | 14 | 20 | 20 | 21.8 | 2327.77 | Armatura a taglio non necessaria |
| f - f | 53.00 | 0.65 | 286.70 | 14 | 20 | 20 | 21.8 | 1904.23 | Armatura a taglio non necessaria |
| g - g | 18.54 | 0.53 | 252.20 | 14 | 20 | 20 | 21.8 | 1480.69 | Armatura a taglio non necessaria |

11.4.3 VERIFICHE SLE TENSIONE

Condizione Statica

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | σ_c | σ_f |
|-------|---------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) |
| a - a | 24.94 | 0.00 | 1.00 | 20.11 | 51.52 | 0.24 | 14.74 |
| b - b | -568.69 | 0.00 | 1.00 | 51.52 | 20.11 | 4.34 | 142.58 |
| c - c | -257.50 | 0.00 | 1.00 | 31.42 | 20.11 | 2.27 | 98.46 |
| d - d | 283.49 | 97.50 | 0.90 | 31.42 | 20.11 | 3.09 | 108.01 |
| e - e | 131.92 | 66.09 | 0.78 | 31.42 | 20.11 | 1.90 | 58.13 |
| f - f | 46.39 | 39.38 | 0.65 | 31.42 | 20.11 | 0.93 | 23.68 |
| g - g | 8.54 | 17.34 | 0.53 | 31.42 | 20.11 | 0.26 | 4.53 |

Condizione Sismica

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | σ_c | σ_f |
|-------|---------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) |
| a - a | 27.47 | 0.00 | 1.00 | 20.11 | 51.52 | 0.27 | 16.24 |
| b - b | -677.51 | 0.00 | 1.00 | 51.52 | 20.11 | 5.17 | 169.86 |
| c - c | -298.55 | 0.00 | 1.00 | 31.42 | 20.11 | 2.63 | 114.16 |
| d - d | 266.45 | 94.89 | 0.90 | 31.42 | 20.11 | 2.91 | 101.04 |
| e - e | 116.59 | 64.32 | 0.78 | 31.42 | 20.11 | 1.68 | 50.52 |
| f - f | 37.03 | 38.32 | 0.65 | 31.42 | 20.11 | 0.75 | 17.91 |
| g - g | 5.56 | 16.88 | 0.53 | 31.42 | 20.11 | 0.17 | 2.21 |

11.4.4 VERIFICHE SLE FESSURAZIONE

condizione Frequente

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | σ_c | σ_f | w _k | w _{amm} |
|-------|---------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------|------------------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) | (mm) | (mm) |
| a - a | 24.94 | 0.00 | 1.00 | 20.11 | 51.52 | 0.24 | 14.74 | 0.024 | 0.200 |
| b - b | -568.69 | 0.00 | 1.00 | 51.52 | 20.11 | 4.34 | 142.58 | 0.166 | 0.200 |
| c - c | -257.50 | 0.00 | 1.00 | 31.42 | 20.11 | 2.27 | 98.46 | 0.142 | 0.200 |
| d - d | 283.49 | 97.50 | 0.90 | 31.42 | 20.11 | 3.09 | 108.01 | 0.155 | 0.200 |
| e - e | 131.92 | 66.09 | 0.78 | 31.42 | 20.11 | 1.90 | 58.13 | 0.077 | 0.200 |
| f - f | 46.39 | 39.38 | 0.65 | 31.42 | 20.11 | 0.93 | 23.68 | 0.029 | 0.200 |
| g - g | 8.54 | 17.34 | 0.53 | 31.42 | 20.11 | 0.26 | 4.53 | 0.005 | 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 | σ_c | σ_f | w _k | w _{amm} |
|-------|---------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------|------------------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) | (mm) | (mm) |
| a - a | 20.59 | 0.00 | 1.00 | 20.11 | 51.52 | 0.20 | 12.17 | 0.020 | 0.200 |
| b - b | -424.04 | 0.00 | 1.00 | 51.52 | 20.11 | 3.24 | 106.31 | 0.124 | 0.200 |
| c - c | -194.44 | 0.00 | 1.00 | 31.42 | 20.11 | 1.72 | 74.35 | 0.107 | 0.200 |
| d - d | 195.86 | 97.50 | 0.90 | 31.42 | 20.11 | 2.15 | 70.26 | 0.100 | 0.200 |
| e - e | 82.63 | 66.09 | 0.78 | 31.42 | 20.11 | 1.20 | 32.85 | 0.043 | 0.200 |
| f - f | 24.48 | 39.38 | 0.65 | 31.42 | 20.11 | 0.50 | 9.88 | 0.012 | 0.200 |
| g - g | 3.06 | 17.34 | 0.53 | 31.42 | 20.11 | 0.10 | 0.41 | 0.000 | 0.200 |