

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA
U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

PROGETTO DEFINITIVO

Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

FA02 - Piazzale Emergenza Galleria Miglionico Imbocco Lato Ferrandina

Relazione di calcolo muro di sostegno

SCALA:

-

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

I A 5 F 0 1 D 7 8 C L F A 0 2 0 0 0 0 1 A

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|-------------|---------|----------------|------------------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|--|
| A | EMISSIONE | Sellari | LUGLIO 2019 | C.TORALDO <i>Catano Toraldo</i> | LUGLIO 2019 | F.GERNONE <i>Fazio Gernone</i> | LUGLIO 2019 | D.TORALDO Gruppo Ferrovie dello Stato Direzione Tecnica UO Infrastrutture Sud Dott. Ing. Donato Tiberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 16478 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

File:

n. Elab.:

| | | | | | | |
|---|---|-------------|------------------|-------------------------|-----------|-----------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A | FOGLIO 2 DI 125 |

Sommario

| | | |
|-----------|---|------------|
| 1 | INTRODUZIONE | 4 |
| 2 | NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO | 5 |
| 2.1 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 5 |
| 2.2 | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO | 5 |
| 3 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 6 |
| 3.1 | CALCESTRUZZO | 6 |
| 3.2 | ACCIAIO | 7 |
| 4 | DATI GEOTECNICI DI CALCOLO | 8 |
| 5 | MURI DI SOSTEGNO: ANALISI DEI CARICHI E VERIFICHE | 8 |
| 5.1 | AZIONI STATICHE | 8 |
| 5.2 | AZIONI SISMICHE | 9 |
| 5.3 | VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU) | 10 |
| 5.4 | VERIFICHE DI ESERCIZIO (SLE) | 14 |
| 6 | ANALISI E VERIFICA MURO DI SOSTEGNO TIPO 7 | 15 |
| 6.1 | INPUT | 15 |
| 6.2 | AZIONI | 18 |
| 6.3 | VERIFICHE GEOTECNICHE | 23 |
| 6.4 | VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DEL COMPLESSO OPERA DI SOSTEGNO – TERRENO | 27 |
| 6.5 | VERIFICHE STRUTTURALI | 30 |
| 7 | ANALISI E VERIFICA MURO TIPO 6 | 35 |
| 7.1 | INPUT | 35 |
| 7.2 | AZIONI | 38 |
| 7.3 | VERIFICHE GEOTECNICHE | 42 |
| 7.4 | VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DEL COMPLESSO OPERA DI SOSTEGNO – TERRENO | 46 |
| 7.5 | VERIFICHE STRUTTURALI | 49 |
| 8 | ANALISI E VERIFICA MURO TIPO 5 | 53 |
| 8.1 | INPUT | 53 |
| 8.2 | AZIONI | 56 |
| 8.3 | VERIFICHE GEOTECNICHE | 60 |
| 8.4 | VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DEL COMPLESSO OPERA DI SOSTEGNO – TERRENO | 64 |
| 8.5 | VERIFICHE STRUTTURALI | 67 |
| 9 | ANALISI E VERIFICA MURO TIPO 4 | 72 |
| 9.1 | INPUT | 72 |
| 9.2 | AZIONI | 75 |
| 9.3 | VERIFICHE GEOTECNICHE | 79 |
| 9.4 | VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DEL COMPLESSO OPERA DI SOSTEGNO – TERRENO | 83 |
| 9.5 | VERIFICHE STRUTTURALI | 86 |
| 10 | ANALISI E VERIFICA MURO TIPO 3 | 90 |
| 10.1 | INPUT | 90 |
| 10.2 | AZIONI | 93 |
| 10.3 | VERIFICHE GEOTECNICHE | 97 |
| 10.4 | VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DEL COMPLESSO OPERA DI SOSTEGNO – TERRENO | 101 |
| 10.5 | VERIFICHE STRUTTURALI | 104 |
| 11 | ANALISI E VERIFICA MURO TIPO 2 | 108 |
| 11.1 | INPUT | 108 |
| 11.2 | AZIONI | 111 |
| 11.3 | VERIFICHE GEOTECNICHE | 115 |

| | | | | | | |
|---|--|---------------------|---|-------------------|--|--|
|  | <p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p> | | | | | |
| <p>Relazione di calcolo muro di sostegno</p> | <p>PROGETTO IA5F</p> | <p>LOTTO 01</p> | <p>CODIFICA DOCUMENTO D 78 FA0200 001</p> | <p>REV. A</p> | <p>FOGLIO 3 DI 125</p> | |

11.4 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DEL COMPLESSO OPERA DI SOSTEGNO – TERRENO 119

11.5 VERIFICHE STRUTTURALI.....122

| | | | | | | |
|---|--|---------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------------|
|  | <p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p> | | | | | |
| <p>Relazione di calcolo muro di sostegno</p> | <p>PROGETTO IA5F</p> | <p>LOTTO 01</p> | <p>CODIFICA D 78</p> | <p>DOCUMENTO FA0200 001</p> | <p>REV. A</p> | <p>FOGLIO 4 DI 125</p> |

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione vengono descritte le verifiche ai fini del dimensionamento strutturale dei muri di sostegno della linea Ferrandina – Matera La Martella in corrispondenza del Piazzale Emergenza Galleria Miglionico Imbocco Lato Ferrandina, FA02.

Sono stati identificati un totale di 7 tipi di muro, il tipo 1 ha un paramento di altezza 1.20 m e di fatto non ha valenza strutturale per tale motivo non viene verificato.

La loro posizione planimetrica è riportata nell’elaborato IA5F-01-D-78-A9-FA0200-001-A.

| | | | | | | |
|---|---|-------------|---------------------------------------|-----------|-----------------------|--|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA DOCUMENTO D 78 FA0200 001 | REV. A | FOGLIO 5 DI 125 | |

2 NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La Normativa seguita per il dimensionamento delle opere è costituita da:

- **RFI DTC SI CS MA IFS 001 C – rev 21/12/2018:** Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- **D.M. 17 Gennaio 2018:** Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni e relativa circolare.
- **UNI EN 1997-1: Eurocodice 7** – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- **UNI EN 1998-5: Eurocodice 8** – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- **EUROCODICE 2-** UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005

2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Inoltre si fa riferimento ai seguenti documenti e ai seguenti riferimenti bibliografici:

- [D1]. R. Lancellotta, Geotecnica, Zanichelli;
- [D2]. C. Viggiani, Fondazioni, Hevelius, 1999;
- [D3]. C.R. I. Clayton, J. Milititsky, R.I. Woods, Earth Pressure and Earth Retaining Structures, 1993 (traduzione italiana a cura di M. Cecconi, G.M.B. Viggiani, La spinta delle terre e le opere di sostegno, Hevelius, 2006)

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO

- Classe di resistenza C32/40 $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$
- Classe di esposizione ambientale XC3
- Copriferro nominale minimo 40 mm

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

Resistenza di calcolo a rottura per compressione:

- $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} \quad 33.2 \text{ N/mm}^2$
- $f_{cm} = f_{ck} + 8 \quad 41.2 \text{ N/mm}^2$
- $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c \quad 18.8 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

- $f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} \quad 3.10 \text{ N/mm}^2$
- $f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{ctm} \quad 2.17 \text{ N/mm}^2$
- $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c \quad 1.45 \text{ N/mm}^2$
- $f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} \quad 3.72 \text{ N/mm}^2$
- $f_{cfk,5\%} = 0.70 \cdot f_{cfm} \quad 2.60 \text{ N/mm}^2$
- $E_{cm} = 22.000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} \quad 33642.8 \text{ N/mm}^2$

Massima tensione allo SLE per combinazione caratteristica (rara):

- $\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} \quad 18.26 \text{ N/mm}^2$

Massima tensione allo SLE per combinazione quasi permanente:

- $\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} \quad 13.28 \text{ N/mm}^2$

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

3.2 ACCIAIO

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

- f_y , nom 450 N/mm²
- f_t , nom 540 N/mm²

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tabella 1 – Tabella 11.3.Ib delle NTC18.

| caratteristiche | requisiti | frattile (%) |
|---|-------------------------|--------------|
| tensione caratteristica di snervamento, f_{yk} | $\geq f_{y, nom}$ | 5.0 |
| tensione caratteristica di rottura, f_{tk} | $\geq f_{t, nom}$ | 5.0 |
| $(f_t/f_y)_k$ | ≥ 1.15 < 1.35 | 10.0 |
| $(f_y/f_{y, nom})_k$ | ≤ 1.25 | 10.0 |
| allungamento, $(A_{gt})_k$ | $\geq 7.5\%$ | 10.0 |
| diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche | | |
| $\Phi < 12$ mm | 4 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 1 Tabella 11.3.Ib delle NTC18.

- E_s 210000 N/mm²
- 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/mm²
- $\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$ 0.186%

Massima tensione allo SLE:

- $\sigma_s = 0.75 f_{yk}$ 337.5 N/mm²

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

4 DATI GEOTECNICI DI CALCOLO

Il modello geotecnico del sottosuolo, impiegato nelle analisi, è stato definito a partire dai risultati delle indagini geognostiche a disposizione. Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione Geotecnica (IA5F-00-D-78-RB-GE0005-001)

In particolare, per il terreno di fondazione, si è considerata l'Unità Geotecnica 1b, caratterizzata dai seguenti parametri:

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

$$\varphi' = 30^\circ;$$

$$c' = 2.5 \text{ kPa.}$$

Per il terreno a tergo dei muri di sostegno si è invece considerato il terreno da rilevato stardale essendo di fatto quello del piazzale, caratterizzato dai parametri si seguito:

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

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

$$c' = 0 \text{ kPa.}$$

5 MURI DI SOSTEGNO: ANALISI DEI CARICHI E VERIFICHE

5.1 AZIONI STATICHE

La spinta del terreno a tergo dei muri viene valutata considerando uno stato limite attivo e utilizzando per la determinazione del coefficiente di spinta la formulazione proposta da Muller – Breslau, secondo cui:

$$k_A = \frac{\sin^2(\psi + \phi)}{\sin^2\psi \cdot \sin(\psi - \delta) \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\psi - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

Dove:

ψ = angolo che il paramento del muro forma con l'orizzontale;

δ = angolo di attrito terrapieno – muro assunto pari a β ;

β = angolo che il profilo del terrapieno forma con l'orizzontale;

ϕ = angolo di attrito interno del terrapieno.

Per la determinazione del coefficiente di spinta attiva si è considerata un'inclinazione nulla del terreno a monte ($\beta = 0$).

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

5.2 AZIONI SISMICHE

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:

$$S_{A/P} = \frac{1}{2} \gamma \cdot k_{A/P} \cdot h^2 \cdot (1 \mp k_v)$$

Il coefficiente $k_{A/P}$ 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.

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

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

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

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

Il coefficiente per stati di spinta passiva è invece:

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

Nel caso di accelerazione sismica solo orizzontale l'angolo θ è unico e le spinte attiva e passiva risultano univocamente determinate; viceversa le formule forniscono due distinti valori, che corrispondono alla presenza di accelerazione sismica verticale verso l'alto e verso il basso.

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

5.3 VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU)

5.3.1 VERIFICHE IN CONDIZIONI STATICHE

Gli Stati Limite Ultimi delle opere di sostegno si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno ed al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono le opere stesse.

Per i **muri di sostegno** 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 strutturale del muro.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno deve essere effettuata secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II delle NTC18 per le azioni e i parametri geotecnici e 6.8.I delle NTC18 per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

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 Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I delle NTC18. Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

| 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 2 Tabella 6.5.I delle NTC18 – Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi dei muri di sostegno.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

Verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno - terreno

Per le verifiche di stabilità, si ricorre, nell'ambito dei metodi all'equilibrio limite, ai cosiddetti metodi delle strisce. Le ipotesi alla base di questi metodi sono:

1. stato di deformazione piano;
2. arco della superficie di scorrimento alla base del concio approssimabile con la relativa corda;
3. comportamento del terreno rigido-perfettamente plastico e criterio di rottura di Mohr – Coulomb;
4. coefficiente di sicurezza FS uguale per la componente di coesione e per quella di attrito e unico per tutti i conci.

I diversi metodi poi differiscono sulle ipotesi semplificative necessarie a rendere il problema determinato; i due più diffusi sono il metodo di Fellenius ed il metodo di Bishop. Si è fatto riferimento a quest'ultimo nelle analisi effettuate.

Verifica allo scorrimento sul piano di posa

Secondo il paragrafo 6.5.3.1.1 delle NTC18, ai fini della verifica a traslazione sul piano di posa di muri di sostegno con fondazioni superficiali, non si deve in generale considerare il contributo della resistenza passiva antistante il muro.

Verifica al collasso per carico limite del complesso fondazione - terreno

La capacità portante viene valutata attraverso la formula di Brinch-Hansen, nel caso generale:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

dove:

γ = peso di volume del terreno di fondazione;

B = larghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico $B = B_f - 2e$);

c' = coesione del terreno di fondazione;

q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;

N_y, N_c, N_q = fattori di capacità portante;

s_y, s_c, s_q = fattori di forma della fondazione;

d_y, d_c, d_q = fattori di profondità del piano di posa della fondazione;

i_y, i_c, i_q = fattori di inclinazione del carico;

b_y, b_c, b_q = fattori di inclinazione della base della fondazione;

g_y, g_c, g_q = fattori di inclinazione del piano campagna.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

5.3.2 VERIFICHE IN CONDIZIONI SISMICHE

In conformità con il paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC18, l'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche è stata eseguita mediante i metodi pseudo – statici.

Se la struttura può spostarsi, 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

$$k_h = \beta_m \cdot a_{\max} / g$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

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:

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

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

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.

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni nel rispetto della condizione 6.2.1 delle NTC18, ponendo 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 Tabella 7.11.III delle NTC18.

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

| Verifica | Coefficiente parziale (R3) |
|--------------------------------|----------------------------|
| Carico limite | $\gamma_R = 1.2$ |
| Scorrimento | $\gamma_R = 1.0$ |
| Ribaltamento | $\gamma_R = 1.0$ |
| Resistenza del terreno a valle | $\gamma_R = 1.2$ |

Tabella 3 Tabella 7.11.III delle NTC18 – Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi (SLV) dei muri di sostegno.

Per l'analisi sismica, si considera che le opere abbiano una Vita Nominale VN di 50 anni, ricadano in classe d'uso II (coefficiente d'uso CU=1.00) e, quindi hanno una Vita di Riferimento VR= VN·CU di 50 anni.

Con riferimento allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), i parametri sismici sono di seguito riportati.

| Categoria sismica | a_g | S_s | a_{max}/g |
|-------------------|-------|-------|-------------|
| [-] | [-] | [-] | [-] |
| C | 0.158 | 1.46 | 0.231 |

Tabella 4 Parametri sismici di riferimento.

Verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno - terreno

Anche in condizioni sismiche deve essere soddisfatta la verifica di stabilità del complesso muro – terreno con i criteri indicati al paragrafo 7.11.4 delle NTC18.

Utilizzando il metodo pseudo – statico, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente sono pari a:

$$F_h = k_h W$$

$$F_v = k_v W$$

con k_h e k_v definiti come segue (paragrafo 7.11.3.5.2 delle NTC18):

$$k_h = \beta_s \cdot a_{max}/g$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove $\beta_s = 0.38$ è un coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, relativo allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

La verifica di sicurezza deve essere effettuata con lo stesso approccio utilizzato in condizioni statiche ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto con un coefficiente di progetto $\gamma_R = 1.2$.

5.4 VERIFICHE DI ESERCIZIO (SLE)

Per i muri a mensola in condizioni di esercizio devono essere rispettate le seguenti limitazioni per le tensioni di compressione nel calcestruzzo e di trazione nell'acciaio; va inoltre effettuata la verifica allo SLE di apertura delle fessure.

Verifica delle tensioni in esercizio

limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara) = $0.55 f_{ck}$;
- per combinazione di carico quasi permanente = $0.40 f_{ck}$;

limiti per le tensioni di trazione nel acciaio:

- per caratteristica (rara): $0.75 f_{yk}$.

Verifica per lo Stato Limite di apertura delle fessure

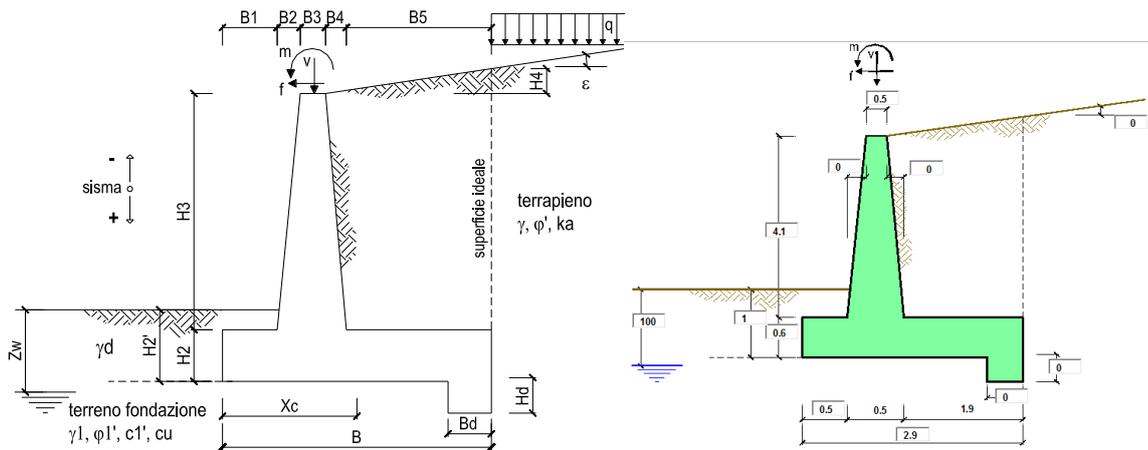
L'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

$$\delta f < w_1 = 0.2 \text{ mm.}$$

6 ANALISI E VERIFICA MURO DI SOSTEGNO TIPO 7

6.1 INPUT

Le caratteristiche geometriche sono riportate sinteticamente nel seguente schema:



Geometria del Muro

| | | | |
|----------------------------|------|------|-----|
| Elevazione | H3 = | 4.10 | (m) |
| Aggetto Valle | B2 = | 0.00 | (m) |
| Spessore del Muro in Testa | B3 = | 0.50 | (m) |
| Aggetto monte | B4 = | 0.00 | (m) |

Geometria della Fondazione

| | | | |
|----------------------|------|------|-----|
| Larghezza Fondazione | B = | 2.90 | (m) |
| Spessore Fondazione | H2 = | 0.60 | (m) |
| Suola Lato Valle | B1 = | 0.50 | (m) |
| Suola Lato Monte | B5 = | 1.90 | (m) |
| Altezza dente | Hd = | 0.00 | (m) |
| Larghezza dente | Bd = | 0.00 | (m) |
| Mezzeria Sezione | Xc = | 1.45 | (m) |

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

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

| | | <i>valori caratteristici</i> | | | <i>valori di</i> |
|-------------------------|--|--|------------|-----------|------------------|
| | | SLE | | | STR/GEO |
| Dati Geotecnici | | | | | |
| Dati Terrapieno | Angolo di attrito del terrapieno | (°) | ϕ' | 35.00 | 35.00 |
| | Peso Unità di Volume del terrapieno | (kN/m ³) | γ' | 19.00 | 19.00 |
| | Angolo di attrito terreno-superficie ideale | (°) | δ | 20.00 | 20.00 |
| Dati Terreno Fondazione | Condizioni | <input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate | | | |
| | Coesione Terreno di Fondazione | (kPa) | $c1'$ | 2.50 | 2.50 |
| | Angolo di attrito del Terreno di Fondazione | (°) | $\phi1'$ | 30.00 | 30.00 |
| | Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione | (kN/m ³) | $\gamma1$ | 19.00 | 19.00 |
| | Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione | (kN/m ³) | γd | 19.00 | 19.00 |
| | Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) | (m) | Hs | 5.80 | |
| | Modulo di deformazione | (kN/m ²) | E | 60000 | |
| Dati Sismici | Accelerazione sismica | | a_g/g | 0.158 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Stratigrafico | | S_s | 1.46 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Topografico | | S_T | 1 | (-) |
| | Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima | | β_s | 0.38 | (-) |
| | Coefficiente sismico orizzontale | | kh | 0.0876584 | (-) |
| | Coefficiente sismico verticale | | kv | 0.0438 | (-) |
| | Muro libero di traslare o ruotare | <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no | | | |

Si riporta di seguito una tabella rappresentante i coefficienti parziali di sicurezza per le condizioni statiche nella prima colonna e i coefficienti parziali di sicurezza per le condizioni sismiche nella seconda colonna.

| Carichi | Effetto | Coeff. Parziale | altro | altro |
|------------|-------------|-----------------|-------|-------|
| Permanenti | favorevole | γ_G | 1.00 | 1.00 |
| | sfavorevole | | 1.35 | 1.00 |
| Variabili | favorevole | γ_Q | 0.00 | 0.00 |
| | sfavorevole | | 1.50 | 1.00 |

| Parametro | | altro | altro |
|------------------------|----------------|-------|-------|
| angolo d'attrito | $\tan \phi'_k$ | 1.00 | 1.00 |
| coesione | c'_k | 1.00 | 1.00 |
| resistenza non drenata | c_{uk} | 1.00 | 1.00 |
| peso unità di volume | γ | 1.00 | 1.00 |

| Verifica | Coeff. Parziale | altro | altro |
|------------------------------|-----------------|-------|-------|
| Capacità portante fondazione | γ_R | 1.40 | 1.20 |
| Scorrimento | | 1.10 | 1.00 |
| Ribaltamento | | 1.15 | 1.00 |

Nella tabella successiva è riportato il valore del sovraccarico permanente dovuto alla presenza del terreno di riporto di 2 m a tergo del muro. Per la presenza di tale scarpata l'azione del carico variabile a tergo non agisce sul muro.

| | | valori caratteristici | | valori di progetto | |
|--|---|-----------------------|------|---|--------------------------|
| | | SLE - sisma | | STR/GEO | EQU |
| Carichi permanenti | Sovraccarico permanente | (kN/m ²) | qp | 18.00 | 24.30 |
| | Sovraccarico su zattera di monte <input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no | | | | |
| | Forza Orizzontale in Testa permanente | (kN/m) | fp | 0.00 | 0.00 |
| | Forza Verticale in Testa permanente | (kN/m) | vp | 0.00 | 0.00 |
| Condizioni Statiche | Momento in Testa permanente | (kNm/m) | mp | 0.00 | 0.00 |
| | Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche | (kN/m ²) | q | 0.00 | 0.00 |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche | (kN/m) | f | 0.00 | 0.00 |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche | (kN/m) | v | 0.00 | 0.00 |
| | Momento in Testa accidentale in condizioni statiche | (kNm/m) | m | 0.00 | 0.00 |
| Coefficients 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 | 0.00 | |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche $\leftarrow \rightarrow$ | (kN/m) | fs | 0.00 | $\leftarrow \rightarrow$ |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche $\uparrow \downarrow$ | (kN/m) | vs | 0.00 | $\uparrow \downarrow$ |
| | Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kNm/m) | ms | 0.00 | |

| | | SLE | | STR/GEO | |
|------------------------|--|------|-------|---------|-------|
| | | | | | |
| Coefficienti di Spinta | Coeff. di Spinta Attiva Statico | ka | 0.245 | | 0.245 |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma + | kas+ | 0.295 | | 0.295 |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma - | kas- | 0.300 | | 0.300 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva | kp | 3.000 | | 3.000 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma + | kps+ | 2.851 | | 2.851 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma - | kps- | 2.837 | | 2.837 |

| | | valori caratteristici | | valori di progetto | |
|--|---|-----------------------|------|--------------------------------------|--------------------------|
| | | SLE - sisma | | STR/GEO | EQU |
| Carichi permanenti | Sovraccarico permanente | (kN/m ²) | qp | 18.00 | 24.30 |
| | Sovraccarico su zattera di monte <input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no | | | | |
| | Forza Orizzontale in Testa permanente | (kN/m) | fp | 0.00 | 0.00 |
| | Forza Verticale in Testa permanente | (kN/m) | vp | 0.00 | 0.00 |
| Condizioni Statiche | Momento in Testa permanente | (kNm/m) | mp | 0.00 | 0.00 |
| | Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche | (kN/m ²) | q | 0.00 | 0.00 |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche | (kN/m) | f | 0.00 | 0.00 |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche | (kN/m) | v | 0.00 | 0.00 |
| | Momento in Testa accidentale in condizioni statiche | (kNm/m) | m | 0.00 | 0.00 |
| Coefficients di combinazione condizione frequente Ψ_1 | | | 1.00 | condizione quasi permanente Ψ_2 | |
| Condizioni Sismiche | Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche | (kN/m ²) | qs | 0.00 | |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche $\leftarrow \rightarrow$ | (kN/m) | fs | 0.00 | $\leftarrow \rightarrow$ |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche $\uparrow \downarrow$ | (kN/m) | vs | 0.00 | $\uparrow \downarrow$ |
| | Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kNm/m) | ms | 0.00 | |

| | | | | | | |
|---|---|-------------|------------------|-------------------------|-----------|------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A | FOGLIO 18 DI 125 |

6.2 AZIONI

6.2.1 FORZE VERTICALI E FORZE INERZIALI

FORZE VERTICALI

| | | | SLE | STR/GEO |
|--|---|--------|--------|---------|
| - Peso del Muro (Pm) | | | | |
| Pm1 = | $(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pm2 = | $(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 51.25 | 51.25 |
| Pm3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pm4 = | $(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 43.50 | 43.50 |
| Pm5 = | $(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pm = | $Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$ | (kN/m) | 94.75 | 94.75 |
| - Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt) | | | | |
| Pt1 = | $(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$ | (kN/m) | 148.01 | 148.01 |
| Pt2 = | $(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pt3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sovr = | $qp \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pt = | $Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr$ | (kN/m) | 148.01 | 148.01 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 0 | 0 |
| Sovr acc. Sism | $qs \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 0 | 0 |

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

| | | | SLE | STR/GEO |
|---|---|---------|--------|---------|
| - Muro (Mm) | | | | |
| Mm1 = | $Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mm2 = | $Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$ | (kNm/m) | 38.44 | 38.44 |
| Mm3 = | $Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mm4 = | $Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | 63.08 | 63.08 |
| Mm5 = | $Pm5 \cdot (B - Bd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mm = | $Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$ | (kNm/m) | 101.51 | 101.51 |
| - Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro | | | | |
| Mt1 = | $Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$ | (kNm/m) | 288.62 | 288.62 |
| Mt2 = | $Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mt3 = | $Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Msovr = | $Sovr \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mt = | $Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr$ | (kNm/m) | 288.62 | 288.62 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0 | 0 |
| Sovr acc. Sism | $qs \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

| | | | |
|--------|----------------|--------|------|
| Ps h = | $P_m \cdot kh$ | (kN/m) | 8.31 |
| Ps v = | $P_m \cdot kv$ | (kN/m) | 4.15 |

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

| | | | |
|--------|----------------|--------|-------|
| Ptsh = | $P_t \cdot kh$ | (kN/m) | 12.97 |
| Ptsv = | $P_t \cdot kv$ | (kN/m) | 6.49 |

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

| | | | |
|----------|-------------------------------------|---------|-------|
| MPs1 h = | $kh \cdot P_m1 \cdot (H_2 + H_3/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs2 h = | $kh \cdot P_m2 \cdot (H_2 + H_3/2)$ | (kNm/m) | 11.91 |
| MPs3 h = | $kh \cdot P_m3 \cdot (H_2 + H_3/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs4 h = | $kh \cdot P_m4 \cdot (H_2/2)$ | (kNm/m) | 1.14 |
| MPs5 h = | $-kh \cdot P_m5 \cdot (H_d/2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs h = | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$ | (kNm/m) | 13.05 |

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

| | | | |
|----------|---|---------|------|
| MPs1 v = | $kv \cdot P_m1 \cdot (B_1 + 2/3 \cdot B_2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs2 v = | $kv \cdot P_m2 \cdot (B_1 + B_2 + B_3/2)$ | (kNm/m) | 1.68 |
| MPs3 v = | $kv \cdot P_m3 \cdot (B_1 + B_2 + B_3 + B_4/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs4 v = | $kv \cdot P_m4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | 2.76 |
| MPs5 v = | $kv \cdot P_m5 \cdot (B - B_d/2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs v = | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$ | (kNm/m) | 4.45 |

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

| | | | |
|-----------|---|---------|-------|
| MPts1 h = | $kh \cdot P_t1 \cdot (H_2 + H_3/2)$ | (kNm/m) | 34.38 |
| MPts2 h = | $kh \cdot P_t2 \cdot (H_2 + H_3 + H_4/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts3 h = | $kh \cdot P_t3 \cdot (H_2 + H_3^2/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts h = | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | 34.38 |

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

| | | | |
|-----------|---|---------|-------|
| MPts1 v = | $kv \cdot P_t1 \cdot ((H_2 + H_3/2) - (B - B_5/2) \cdot 0.5)$ | (kNm/m) | 12.65 |
| MPts2 v = | $kv \cdot P_t2 \cdot ((H_2 + H_3 + H_4/3) - (B - B_5/3) \cdot 0.5)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts3 v = | $kv \cdot P_t3 \cdot ((H_2 + H_3^2/3) - (B_1 + B_2 + B_3 + 2/3 \cdot B_4) \cdot 0.5)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts v = | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | 12.65 |

| | | | | | | |
|---|---|-------------|------------------|-------------------------|-----------|------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A | FOGLIO 20 DI 125 |

6.2.2 SPINTE IN CONDIZIONI STATICHE

CONDIZIONE STATICA

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

| | | | SLE | STR/GEO |
|---------|---|--|--------------|---------|
| St | = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$ | (kN/m) 51.42 | 69.42 |
| Sq perm | = | $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$ | (kN/m) 20.73 | 27.99 |
| Sq acc | = | $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$ | (kN/m) 0.00 | 0.00 |

- Componente orizzontale condizione statica

| | | | | |
|----------|---|-------------------------------------|--------------|-------|
| Sth | = | $St \cdot \cos \delta$ | (kN/m) 48.32 | 65.23 |
| Sqh perm | = | $Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) 19.48 | 26.30 |
| Sqh acc | = | $Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) 0.00 | 0.00 |

- Componente verticale condizione statica

| | | | | |
|----------|---|-------------------------------------|--------------|-------|
| Stv | = | $St \cdot \sin \delta$ | (kN/m) 17.59 | 23.74 |
| Sqv perm | = | $Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) 7.09 | 9.57 |
| Sqv acc | = | $Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) 0.00 | 0.00 |

- Spinta passiva sul dente

| | | | | |
|----|---|---|-------------|------|
| Sp | = | $\frac{1}{2} \cdot g_1 \cdot H_d^2 \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H_d^2 \cdot k_p + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2') \cdot H_d \right]$ | (kN/m) 0.00 | 0.00 |
|----|---|---|-------------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | | SLE | STR/GEO |
|-----------|---|--|---------------|---------|
| MSt1 | = | $Sth \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | (kNm/m) 75.70 | 102.20 |
| MSt2 | = | $Stv \cdot B$ | (kNm/m) 51.00 | 68.85 |
| MSq1 perm | = | $Sqh \text{ perm} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) 45.78 | 61.80 |
| MSq1 acc | = | $Sqh \text{ acc} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) 0.00 | 0.00 |
| MSq2 perm | = | $Sqv \text{ perm} \cdot B$ | (kNm/m) 20.56 | 27.76 |
| MSq2 acc | = | $Sqv \text{ acc} \cdot B$ | (kNm/m) 0.00 | 0.00 |
| MSp | = | $\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_p / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2') \cdot H_d^2 / 2$ | (kNm/m) 0.00 | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | | |
|--------|---|---|--------------|------|
| Mfext1 | = | $mp + m$ | (kNm/m) 0.00 | 0.00 |
| Mfext2 | = | $(fp + f) \cdot (H_3 + H_2)$ | (kNm/m) 0.00 | 0.00 |
| Mfext3 | = | $(\nu p + \nu) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$ | (kNm/m) 0.00 | 0.00 |

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

6.2.3 SPINTE IN CONDIZIONI SISMICHE

CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO |
|---|--|--------|---------|
| - Spinta condizione sismica + | | | |
| Sst1 stat = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$ | (kN/m) | 51.42 |
| Sst1 sism = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (1 + k_v) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as} - Sst1 \text{ stat}$ | (kN/m) | 13.15 |
| Ssq1 perm = | $q_p \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}$ | (kN/m) | 24.94 |
| Ssq1 acc = | $q_s \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}$ | (kN/m) | 0.00 |
| - Componente orizzontale condizione sismica + | | | |
| Sst1h stat = | $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 48.32 |
| Sst1h sism = | $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 12.36 |
| Ssq1h perm = | $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 23.43 |
| Ssq1h acc = | $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 |
| - Componente verticale condizione sismica + | | | |
| Sst1v stat = | $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 17.59 |
| Sst1v sism = | $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 4.50 |
| Ssq1v perm = | $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 8.53 |
| Ssq1v acc = | $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 |
| - Spinta passiva sul dente | | | |
| Sp = | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1 + k_v) \cdot H_d^2 \cdot k_{ps} + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{0.5} + \gamma_1 \cdot (1 + k_v) \cdot k_{ps} \cdot H_2) \cdot H_d$ | (kN/m) | 0.00 |

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO |
|------------------------|--|---------|---------|
| - Condizione sismica + | | | |
| MSst1 stat = | $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | (kNm/m) | 75.70 |
| MSst1 sism = | $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | (kNm/m) | 19.36 |
| MSst2 stat = | $Sst1v \text{ stat} \cdot B$ | (kNm/m) | 51.00 |
| MSst2 sism = | $Sst1v \text{ sism} \cdot B$ | (kNm/m) | 13.04 |
| MSsq1 = | $Ssq1h \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) | 55.07 |
| MSsq2 = | $Ssq1v \cdot B$ | (kNm/m) | 24.73 |
| MSp = | $\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_{ps} / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_{ps} \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | |
|----------|---|---------|------|
| Mfext1 = | $m_p + m_s$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext2 = | $(f_p + f_s) \cdot (H_3 + H_2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext3 = | $(v_p + v_s) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$ | (kNm/m) | 0.00 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO |
|---|---|--------|---------|
| - Spinta condizione sismica - | | | |
| Sst1 stat = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$ | (kN/m) | 51.42 |
| Sst1 sism = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (1 - k_v) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as}^-$ - Sst1 stat | (kN/m) | 8.74 |
| Ssq1 perm = | $q_p \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}^-$ | (kN/m) | 25.36 |
| Ssq1 acc = | $q_s \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}^-$ | (kN/m) | 0.00 |
| - Componente orizzontale condizione sismica - | | | |
| Sst1h stat = | Sst1 stat $\cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 48.32 |
| Sst1h sism = | Sst1 sism $\cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 8.21 |
| Ssq1h perm = | Ssq1 perm $\cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 23.83 |
| Ssq1h acc = | Ssq1 acc $\cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 |
| - Componente verticale condizione sismica - | | | |
| Sst1v stat = | Sst1 stat $\cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 17.59 |
| Sst1v sism = | Sst1 sism $\cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 2.99 |
| Ssq1v perm = | Ssq1 perm $\cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 8.67 |
| Ssq1v acc = | Ssq1 acc $\cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 |
| - Spinta passiva sul dente | | | |
| Sp = | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1 - k_v) \cdot H_d^2 \cdot k_{ps}^- + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{-0.5} + \gamma_1 \cdot (1 - k_v) \cdot k_{ps}^- \cdot H_2) \cdot H_d$ | (kN/m) | 0.00 |

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO |
|------------------------|---|-----------|---------|
| - Condizione sismica - | | | |
| MSst1 stat = | Sst1h stat $\cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + h_d) / 3 - h_d)$ | (kNm/m) | 75.70 |
| MSst1 sism = | Sst1h sism $\cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | (kNm/m) | 12.86 |
| MSst2 stat = | Sst1v stat $\cdot B$ | (kNm/m) | 51.00 |
| MSst2 sism = | Sst1v sism $\cdot B$ | (kNm/m) | 8.67 |
| MSsq1 = | Ssq1h $\cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) | 56.01 |
| MSsq2 = | Ssq1v $\cdot B$ | (kNm/m) | 25.16 |
| MSp = | $\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_{ps}^+ / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1 \cdot k_{ps}^+ \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | |
|----------|---|-----------|------|
| Mfext1 = | mp + ms | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext2 = | (fp + fs) $\cdot (H_3 + H_2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext3 = | (vp + vs) $\cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$ | (kNm/m) | 0.00 |

| | | | | | | |
|---|---|-------------|------------------|-------------------------|-----------|------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A | FOGLIO 23 DI 125 |

6.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

6.3.1 VERIFICA IN CONDIZIONI STATICHE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + S_{q_v \text{ perm}} + S_{q_v \text{ acc}} \quad 276.07 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{t_h} + S_{q_h} + f \quad 91.53 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg} \phi_1' \quad 0.58 \quad (-)$$

$$\mathbf{F_s \text{ scorr.} \quad (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.74} \quad > \quad \mathbf{1.1}}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 390.13 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} \quad 67.39 \quad (\text{kNm/m})$$

$$\mathbf{F_s \text{ ribaltamento} \quad M_s / M_r \quad \mathbf{5.79} \quad > \quad \mathbf{1.15}}$$

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

| | | | | |
|--|--|--------|--------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| N = | $P_m + P_t + v + St_v + Sq_v (+ Sovr acc)$ | 276.07 | 276.07 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| T = | $St_h + Sq_h + f - Sp$ | 91.53 | 91.53 | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| MM = | ΣM | 322.75 | 322.75 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| M = | $X_c \cdot N - MM$ | 77.56 | 77.56 | (kNm/m) |

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

Fondazione Nastroforme

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

| | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|-------|------|----------------------|
| c_1' | coesione terreno di fondaz. | 2.50 | | (kPa) |
| ϕ_1' | angolo di attrito terreno di fondaz. | 30.00 | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 19.00 | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 19.00 | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0.28 | 0.28 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 2.34 | 2.34 | (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) | 18.40 | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$ | (2+ π in cond. nd) | 30.14 | | (-) |
| $N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi)$ | (0 in cond. nd) | 22.40 | | (-) |

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

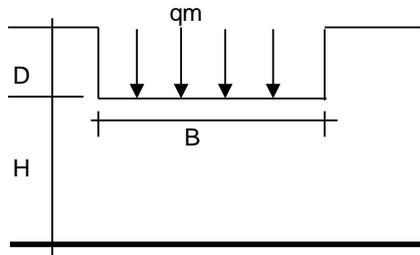
| | | | | |
|---|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \cot \phi))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.46 | 0.46 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.43 | 0.43 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \cot \phi))^{m+1}$ | | 0.31 | 0.31 | (-) |

(fondazione nastroforme $m = 2$)

| | | | | |
|-------------------------|---|--------|-------------|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 350.88 | 350.88 | (kN/m ²) |
| FS carico limite | $F = q_{lim} \cdot B^* / N$ | Nmin | 2.97 | > |
| | | Nmax | 2.97 | > |
| | | | | 1.4 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E \quad (\text{Christian e Carrier, 1976})$$

| | | |
|-------|--------|---------|
| N | 267.44 | (kN/m) |
| M | 47.57 | (kNm/m) |
| e=M/N | 0.18 | (m) |
| B* | 2.54 | (m) |

Profondità Piano di Posa della Fondazione

| | | |
|-------|------|-----|
| D = | 1.00 | (m) |
| D/B* | 0.39 | (m) |
| Hs/B* | 2.28 | (m) |

Carico unitario medio (qm)

$$q_m = N / (B - 2 * e) = N / B^* = 108.51 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0.943 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0.72 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E = 3.13 \quad (\text{mm})$$

6.3.2 VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} = 254.14 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} = 113.02 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg} \phi_1' = 0.58 \quad (-)$$

$$F_s = (N * f + S_p) / T$$

$$1.30 > 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} = 375.62 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} = 168.21 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r$$

$$2.23 > 1$$

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

| | | | | |
|--|--|--------|--------|-----------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| N = | Pm+ Pt + vp + vs + Sst1v+ Ssq1v+ Ps v + Ptsv | 254.14 | 254.14 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| T = | Sst1h + Ssq1h + fp + fs +Ps h + Ptsh - Sp | 113.02 | | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| MM = | ΣM | 244.75 | 244.75 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| M = | Xc*N - MM | 123.76 | 123.76 | (kNm/m) |

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

Fondazione Nastriforme

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

| | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-------|------|----------------------|
| c1' | coesione terreno di fondaz. | 15.00 | | (kN/mq) |
| φ1' | angolo di attrito terreno di fondaz. | 30.00 | | (°) |
| γ1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 19.00 | | (kN/m ³) |
| q ₀ = γd'H ₂ ' | sovraccarico stabilizzante | 19.00 | | (kN/m ²) |
| e = M / N | eccentricità | 0.49 | 0.49 | (m) |
| B* = B - 2e | larghezza equivalente | 1.93 | 1.93 | (m) |

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

| | | | | |
|--|-------------------|-------|--|-----|
| N _q = tg ² (45 + φ/2)*e ^{(π*tg(φ))} | (1 in cond. nd) | 18.40 | | (-) |
| N _c = (N _q - 1)/tg(φ) | (2+π in cond. nd) | 30.14 | | (-) |
| N _γ = 2*(N _q + 1)*tg(φ) | (0 in cond. nd) | 22.40 | | (-) |

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*c'cotgφ)) ^m | (1 in cond. nd) | 0.39 | 0.39 | (-) |
| i _c = i _q - (1 - i _q)/(N _q - 1) | | 0.36 | 0.36 | (-) |
| i _γ = (1 - T/(N + B*c'cotgφ)) ^{m+1} | | 0.25 | 0.25 | (-) |

(fondazione nastriforme m = 2)

| | | | | |
|------------------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q _{lim} | (carico limite unitario) | 402.68 | 402.68 | (kN/m ²) |
|------------------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | F = q_{lim}*B* / N | Nmin | 3.05 | > | 1.2 |
| | | Nmax | 3.05 | > | |

| | | | | | | |
|---|---|-------------|------------------|-------------------------|-----------|------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A | FOGLIO 27 DI 125 |

6.4 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DEL COMPLESSO OPERA DI SOSTEGNO – TERRENO

6.4.1 VERIFICA IN CONDIZIONI STATICHE

| | γ [kN/m ³] | ϕ [°] | c [kPa] | Descrizione |
|-------------|----------------------------------|---------------|------------|-------------|
| materiale 1 | 19 | 35 | 0 | Rilevato |
| materiale 2 | 19 | 30 | 2.5 | Unità U1c |
| materiale 3 | | | | |
| materiale 4 | | | | |

azioni sismiche a_g/g 0.158 (-) S_s 1.46 k_h 0.0877 (-)

β_s 0.38 S_T 1 k_v 0.0438 (-)

x muro 100 (m) y muro 100 (m)

| p.c. valle | | p.c. monte | | superficie 1 | | superficie 2 | | superficie 3 | | falda | | | |
|------------|-------------|------------|---|-------------------------------------|-------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------------------------------|---|---------|--------|
| | 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 | 100.600 | 0 | 101.200 | 104.700 | 0 | 50.000 | 100.000 | 0 | | 0 | 50.000 | 80.000 |
| 1 | 50.000 | 100.600 | 1 | 104.200 | 106.700 | 1 | 150.000 | 100.000 | 1 | | 1 | 150.000 | 80.000 |
| 2 | | | 2 | 150.000 | 106.700 | 2 | | | 2 | | 2 | | |
| 3 | | | 3 | | | 3 | | | 3 | | 3 | | |

Sovraccarichi

| | x_{in} | q_{in} | x_{fin} | q_{fin} | % sisma |
|--|----------|----------|-----------|-----------|---------|
| sovraccarico 1 <input checked="" type="checkbox"/> | 104 | 18 | 115 | 18 | 0% |
| sovraccarico 2 <input type="checkbox"/> | | | | | |

Limiti ricerca superfici

| | | | | | | | |
|----|----|----|-----|----------|----|---------------------|------|
| Xa | 75 | Xc | 110 | alfa min | 30 | # superfici massimo | 1331 |
| Xb | 90 | Xd | 125 | alfa max | 70 | | |
| n1 | 10 | n2 | 10 | n alfa | 10 | | |



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo muro di sostegno

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. A
IA5F 01 D 78 FA0200 001

FOGLIO
28 DI
125

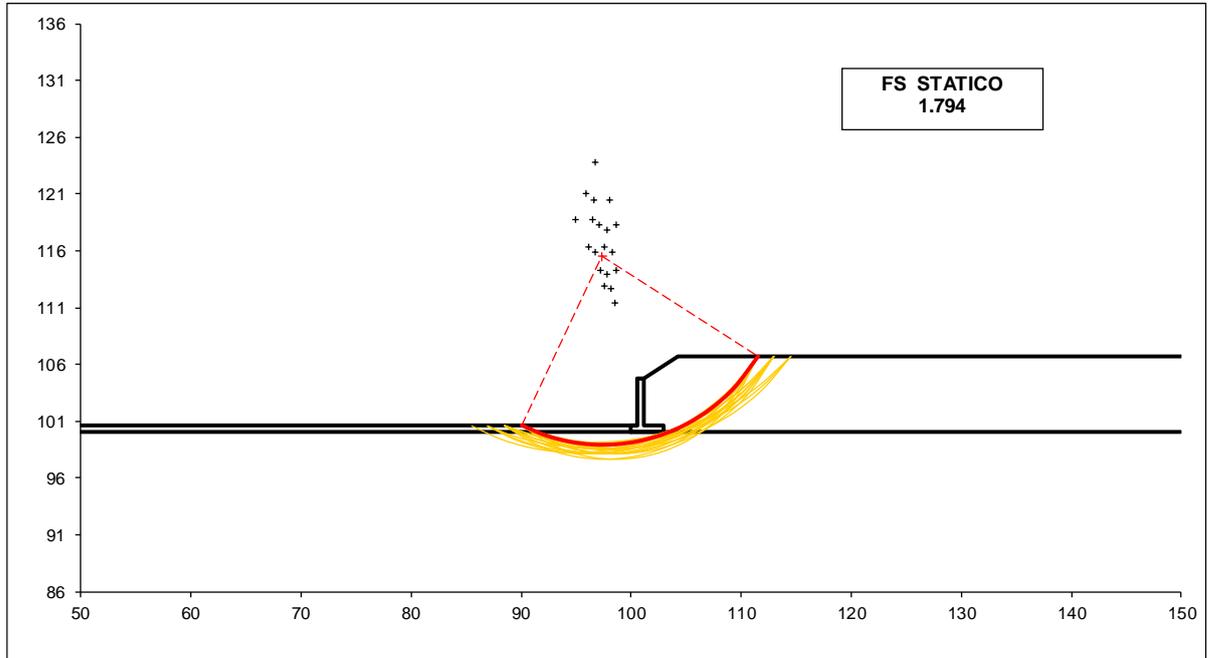
Condizione di Carico

STATICA

superfici da disegnare

20

DISEGNO



1.794 > 1.1 VERIFICA SODDISFATTA

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

6.4.2 VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE

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

| # Superfici Calcolate | FS Bishop | |
|-----------------------|-----------|---------|
| | 869 | STATICO |
| | SISMICO | 1.484 |

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

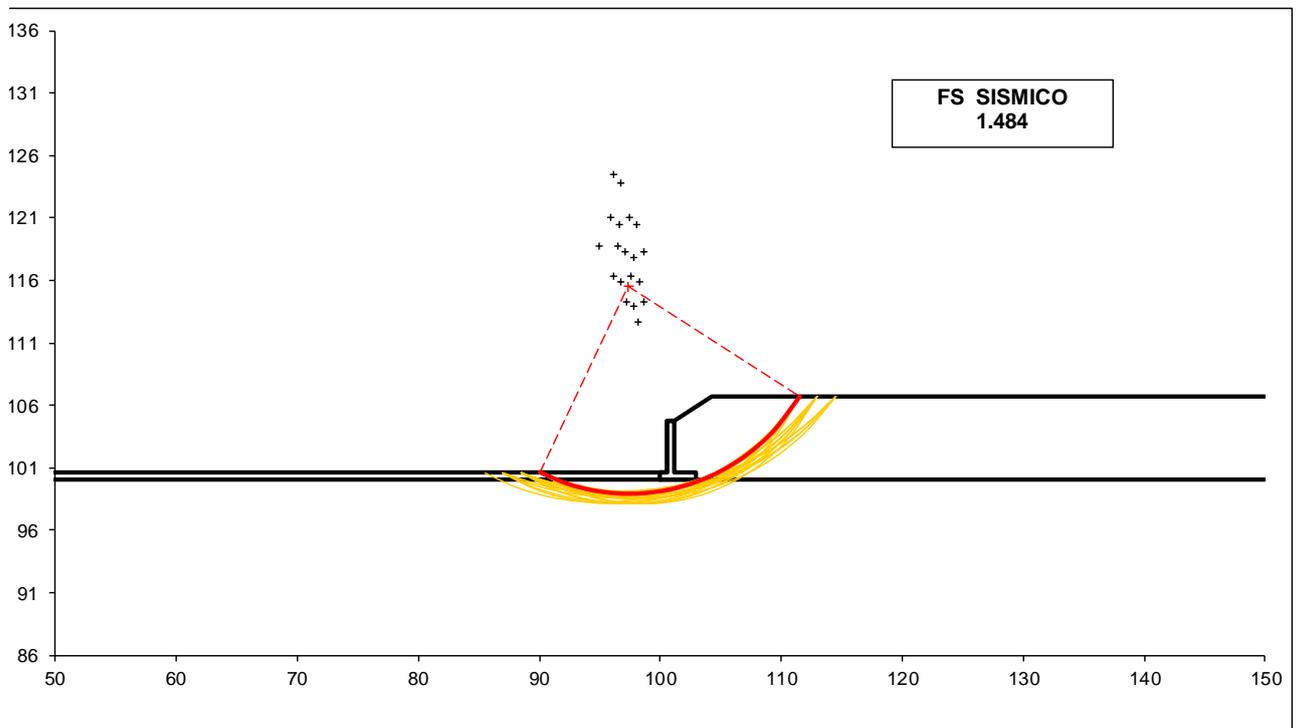
Condizione di Carico

| | |
|---------|---|
| SISMICA | ▼ |
|---------|---|

superfici da disegnare

| | |
|----|---|
| 20 | ▼ |
|----|---|

| |
|---------|
| DISEGNO |
|---------|



1.484 > 1.2 VERIFICA SODDISFATTA

6.5 VERIFICHE STRUTTURALI

6.5.1 CALCOLO SOLLECITAZIONI

Verifica allo Stato Limite Ultimo

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

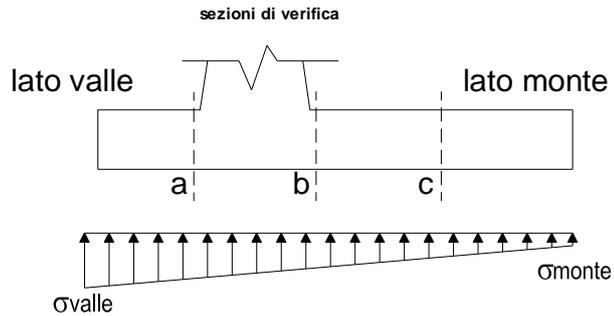
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 2.90 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 1.40 \quad (m^3)$$

| caso | N | M | σ_{valle} | σ_{monte} |
|---------|--------|--------|----------------------|----------------------|
| | [kN] | [kNm] | [kN/m ²] | [kN/m ²] |
| statico | 259.28 | 59.32 | 131.73 | 47.08 |
| | 259.28 | 59.32 | 131.73 | 47.08 |
| sisma+ | 275.91 | 124.24 | 183.78 | 6.51 |
| | 275.91 | 124.24 | 183.78 | 6.51 |
| sisma- | 254.14 | 123.76 | 175.93 | 0.00 |
| | 254.14 | 123.76 | 175.93 | 0.00 |



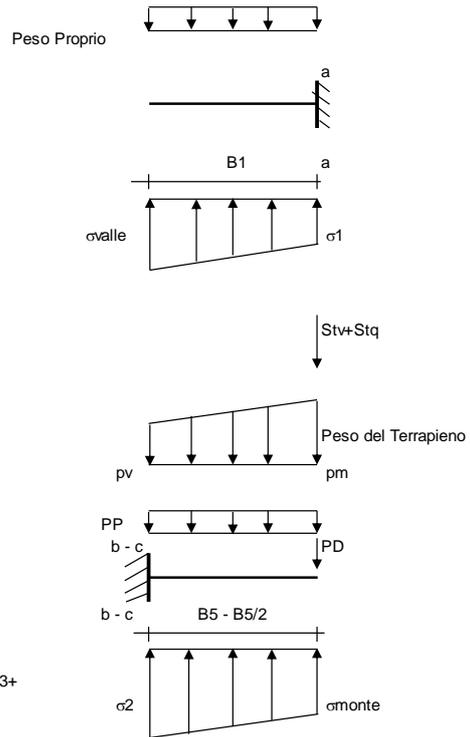
Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 15.00 (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 | M_a | V_a |
|---------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 131.73 | 114.22 | 19.96 | 64.78 |
| | 131.73 | 114.22 | 19.96 | 64.78 |
| sisma+ | 183.78 | 147.10 | 28.06 | 97.20 |
| | 183.78 | 147.10 | 28.18 | 97.20 |
| sisma- | 175.93 | 139.39 | 26.89 | 92.51 |
| | 175.93 | 139.39 | 26.78 | 92.51 |



Mensola Lato Monte

PP = 15.00 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione
 PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

| | Nmin | N max stat | N max sism | |
|-----|-------|------------|------------|----------------------|
| pm | 73.80 | 73.80 | 73.80 | (kN/m ²) |
| pvb | 73.80 | 73.80 | 73.80 | (kN/m ²) |
| pvc | 73.80 | 73.80 | 73.80 | (kN/m ²) |

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (St_v + Sq_v) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - B_d / 2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 + (St_v + Sq_v) \cdot (B_5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2 - B_d / 2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$V_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 2 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B_5 / 2 - (St_v + Sq_v) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5 / 2) + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2) - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2) - (St_v + Sq_v) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

| caso | σ_{monte} | σ_2 | M_b | V_b | σ_2 | M_c | V_c |
|---------|----------------------|----------------------|---------|--------|----------------------|--------|--------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 47.08 | 96.70 | -85.37 | -57.56 | 71.89 | -36.58 | -53.73 |
| | 47.08 | 96.70 | -85.37 | -57.56 | 71.89 | -36.58 | -53.73 |
| sisma+ | 6.51 | 110.42 | -134.58 | -93.54 | 58.46 | -54.92 | -86.53 |
| | 6.51 | 110.42 | -134.58 | -93.54 | 58.46 | -54.92 | -86.53 |
| sisma- | 0.00 | 102.86 | -131.21 | -91.26 | 51.10 | -53.39 | -84.51 |
| | 0.00 | 102.86 | -131.21 | -91.26 | 51.10 | -53.39 | -84.51 |

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

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

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

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

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

$$M_{inerzia} = \sum P_m \cdot b_i \cdot kh$$

$$N_{ext} = v$$

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

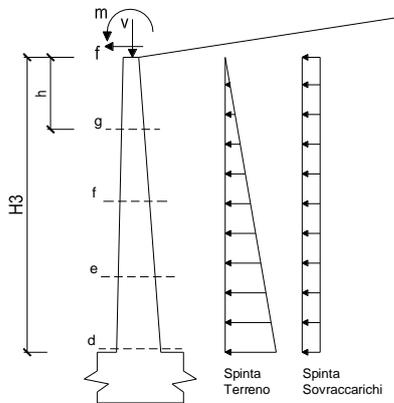
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

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

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

$$V_{ext} = f$$

$$V_{inerzia} = \sum P_m \cdot kh$$



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 | 4.10 | 57.77 | 42.27 | 0.00 | 100.03 | 0.00 | 61.50 | 61.50 |
| e-e | 3.08 | 24.37 | 23.78 | 0.00 | 48.15 | 0.00 | 46.13 | 46.13 |
| f-f | 2.05 | 7.22 | 10.57 | 0.00 | 17.79 | 0.00 | 30.75 | 30.75 |
| g-g | 1.03 | 0.90 | 2.64 | 0.00 | 3.54 | 0.00 | 15.38 | 15.38 |

| sezione | h | Vt | Vq | V _{ext} | V _{tot} |
|---------|------|--------|--------|------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4.10 | 42.27 | 20.62 | 0.00 | 62.89 |
| e-e | 3.08 | 23.78 | 15.46 | 0.00 | 39.24 |
| f-f | 2.05 | 10.57 | 10.31 | 0.00 | 20.88 |
| g-g | 1.03 | 2.64 | 5.15 | 0.00 | 7.80 |

condizione sismica +

| sezione | h | Mt _{stat} | Mt _{sism} | Mq | 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 | 4.10 | 57.77 | 14.89 | 50.30 | 0.00 | 11.05 | 134.00 | 0.00 | 64.20 | 64.20 |
| e-e | 3.08 | 24.37 | 6.28 | 28.29 | 0.00 | 6.22 | 65.16 | 0.00 | 48.15 | 48.15 |
| f-f | 2.05 | 7.22 | 1.86 | 12.57 | 0.00 | 2.76 | 24.42 | 0.00 | 32.10 | 32.10 |
| g-g | 1.03 | 0.90 | 0.23 | 3.14 | 0.00 | 0.69 | 4.97 | 0.00 | 16.05 | 16.05 |

| sezione | h | Vt _{stat} | Vt _{sism} | Vq | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|--------------------|--------------------|--------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4.10 | 42.27 | 10.89 | 24.54 | 0.00 | 5.39 | 83.09 |
| e-e | 3.08 | 23.78 | 6.13 | 18.40 | 0.00 | 4.04 | 52.35 |
| f-f | 2.05 | 10.57 | 2.72 | 12.27 | 0.00 | 2.70 | 28.25 |
| g-g | 1.03 | 2.64 | 0.68 | 6.13 | 0.00 | 1.35 | 10.80 |

condizione sismica -

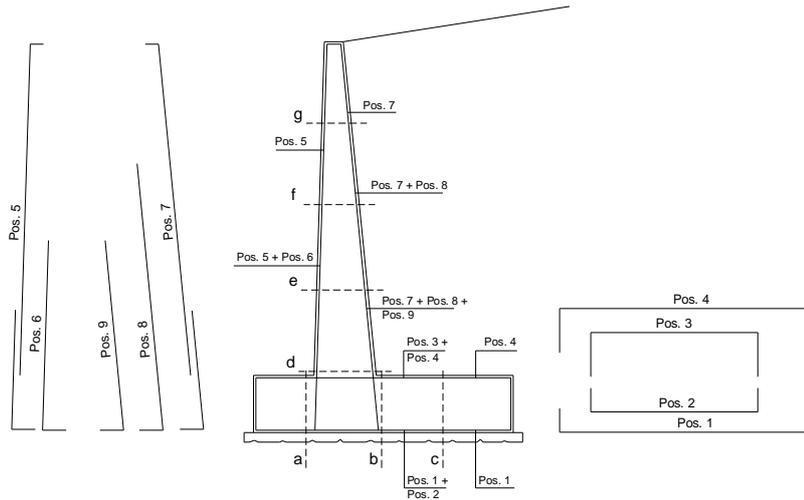
| sezione | h | Mt _{stat} | Mt _{sism} | Mq | M _{ext} | M _{inerzia} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp+inerzia} | N _{tot} |
|---------|------|--------------------|--------------------|---------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4.10 | 57.77 | 9.61 | 51.12 | 0.00 | 11.05 | 129.55 | 0.00 | 58.80 | 58.80 |
| e-e | 3.08 | 24.37 | 4.06 | 28.75 | 0.00 | 6.22 | 63.40 | 0.00 | 44.10 | 44.10 |
| f-f | 2.05 | 7.22 | 1.20 | 12.78 | 0.00 | 2.76 | 23.96 | 0.00 | 29.40 | 29.40 |
| g-g | 1.03 | 0.90 | 0.15 | 3.19 | 0.00 | 0.69 | 4.94 | 0.00 | 14.70 | 14.70 |

| sezione | h | Vt _{stat} | Vt _{sism} | Vq | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|--------------------|--------------------|--------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4.10 | 42.27 | 7.03 | 24.94 | 0.00 | 5.39 | 79.63 |
| e-e | 3.08 | 23.78 | 3.96 | 18.70 | 0.00 | 4.04 | 50.48 |
| f-f | 2.05 | 10.57 | 1.76 | 12.47 | 0.00 | 2.70 | 27.49 |
| g-g | 1.03 | 2.64 | 0.44 | 6.23 | 0.00 | 1.35 | 10.66 |

6.5.2 VERIFICHE SLU

Si dispone un'armatura principale, sia nel paramento verticale che nella soletta di fondazione, costituita da $\phi 24/20$ e un'armatura di ripartizione costituita da $\phi 12/25$. Il copriferro di calcolo è pari a 4 mm.

SCHEMA DELLE ARMATURE

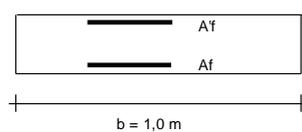


ARMATURE

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

Calcola

VERIFICHE



- a-a pos 1-2-3-4
- b-b pos 1-2-3-4
- c-c pos 1-4
- d-d pos 5-6-7-8-9
- e-e pos 5-6-7-8-9
- f-f pos 5-7-8
- g-g pos 5-7

| Sez. | M | N | h | Af | Af' | Mu |
|-------|---------|-------|------|--------------------|--------------------|--------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (kNm) |
| a - a | 28.18 | 0.00 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 322.02 |
| b - b | -134.58 | 0.00 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 322.02 |
| c - c | -54.92 | 0.00 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 322.02 |
| d - d | 134.00 | 64.20 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 337.88 |
| e - e | 65.16 | 48.15 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 333.92 |
| f - f | 24.42 | 32.10 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 329.95 |
| g - g | 4.97 | 16.05 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 325.98 |

(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 | 97.20 | 0.60 | 219.85 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 600.77 | Armatura a taglio non necessaria |
| b - b | 93.54 | 0.60 | 219.85 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 600.77 | Armatura a taglio non necessaria |
| c - c | 86.53 | 0.60 | 219.85 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 600.77 | Armatura a taglio non necessaria |
| d - d | 83.09 | 0.60 | 228.56 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 600.77 | Armatura a taglio non necessaria |
| e - e | 52.35 | 0.60 | 226.39 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 600.77 | Armatura a taglio non necessaria |
| f - f | 28.25 | 0.60 | 224.21 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 600.77 | Armatura a taglio non necessaria |
| g - g | 10.80 | 0.60 | 222.03 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 600.77 | Armatura a taglio non necessaria |

VERIFICATO

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

6.5.3 VERIFICHE SLE

VERIFICA DI TENSIONI DI ESERCIZIO

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 | 19.96 | 0.00 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 0.52 | 25.51 |
| b - b | -85.37 | 0.00 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 2.23 | 109.13 |
| c - c | -36.58 | 0.00 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 0.96 | 46.76 |
| d - d | 100.03 | 61.50 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 2.67 | 109.31 |
| e - e | 48.15 | 46.13 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 1.30 | 47.76 |
| f - f | 17.79 | 30.75 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 0.48 | 13.80 |
| g - g | 3.54 | 15.38 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 0.09 | 0.82 |

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 | 28.06 | 0.00 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 0.73 | 35.87 |
| b - b | -134.58 | 0.00 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 3.52 | 172.03 |
| c - c | -54.92 | 0.00 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 1.44 | 70.21 |
| d - d | 134.00 | 58.80 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 3.56 | 153.46 |
| e - e | 65.16 | 44.10 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 1.74 | 70.01 |
| f - f | 24.42 | 29.40 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 0.66 | 22.50 |
| g - g | 4.97 | 14.70 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 0.13 | 2.36 |

VERIFICA DI APERTURA DELLE FESSURE

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 | 19.96 | 0.00 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 0.52 | 25.51 | 0.034 | 0.200 |
| b - b | -85.37 | 0.00 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 2.23 | 109.13 | 0.146 | 0.200 |
| c - c | -36.58 | 0.00 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 0.96 | 46.76 | 0.063 | 0.200 |
| d - d | 100.03 | 61.50 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 2.67 | 109.31 | 0.146 | 0.200 |
| e - e | 48.15 | 46.13 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 1.30 | 47.76 | 0.064 | 0.200 |
| f - f | 17.79 | 30.75 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 0.48 | 13.80 | 0.018 | 0.200 |
| g - g | 3.54 | 15.38 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 0.09 | 0.82 | 0.001 | 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 | 19.96 | 0.00 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 0.52 | 25.51 | 0.034 | 0.200 |
| b - b | -85.37 | 0.00 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 2.23 | 109.13 | 0.146 | 0.200 |
| c - c | -36.58 | 0.00 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 0.96 | 46.76 | 0.063 | 0.200 |
| d - d | 100.03 | 61.50 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 2.67 | 109.31 | 0.146 | 0.200 |
| e - e | 48.15 | 46.13 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 1.30 | 47.76 | 0.064 | 0.200 |
| f - f | 17.79 | 30.75 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 0.48 | 13.80 | 0.018 | 0.200 |
| g - g | 3.54 | 15.38 | 0.60 | 15.71 | 15.71 | 0.09 | 0.82 | 0.001 | 0.200 |

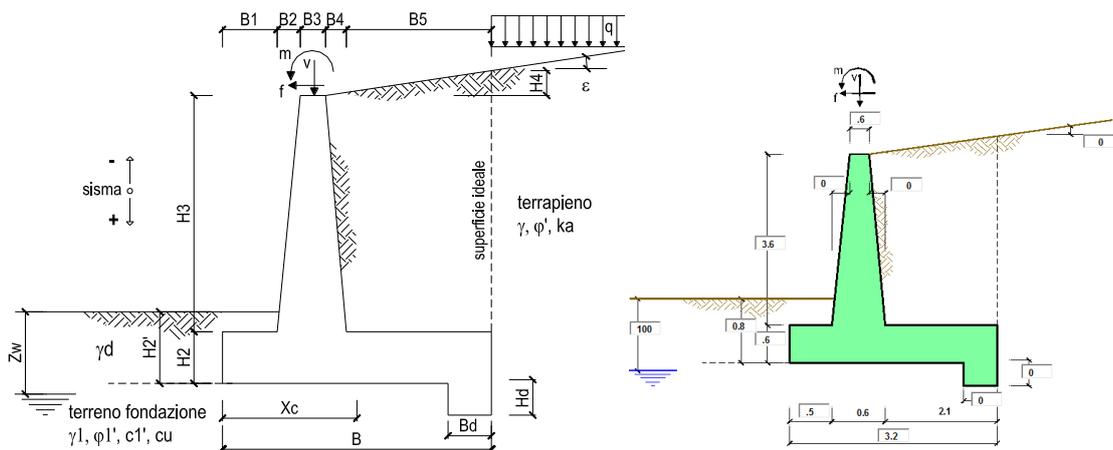
(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

VERIFICATO

7 ANALISIS E VERIFICA MURO TIPO 6

7.1 INPUT

Le caratteristiche geometriche sono riportate sinteticamente nel seguente schema:



Geometria del Muro

| | | | |
|----------------------------|------|------|-----|
| Elevazione | H3 = | 3.60 | (m) |
| Aggetto Valle | B2 = | 0.00 | (m) |
| Spessore del Muro in Testa | B3 = | 0.60 | (m) |
| Aggetto monte | B4 = | 0.00 | (m) |

Geometria della Fondazione

| | | | |
|----------------------|------|------|-----|
| Larghezza Fondazione | B = | 3.20 | (m) |
| Spessore Fondazione | H2 = | 0.60 | (m) |
| Suola Lato Valle | B1 = | 0.50 | (m) |
| Suola Lato Monte | B5 = | 2.10 | (m) |
| Altezza dente | Hd = | 0.00 | (m) |
| Larghezza dente | Bd = | 0.00 | (m) |
| Mezzeria Sezione | Xc = | 1.60 | (m) |

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

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

| | | | | valori caratteristici SLE | valori di progetto STR/GEO |
|-------------------------|--|--|------------|------------------------------|-------------------------------|
| Dati Geotecnici | | | | | |
| Dati Terrapieno | Angolo di attrito del terrapieno | (°) | φ' | 35.00 | 35.00 |
| | Peso Unità di Volume del terrapieno | (kN/m ³) | γ' | 19.00 | 19.00 |
| | Angolo di attrito terreno-superficie ideale | (°) | δ | 23.33 | 23.33 |
| Dati Terreno Fondazione | Condizioni | <input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate | | | |
| | Coesione Terreno di Fondazione | (kPa) | $c1'$ | 2.50 | 2.50 |
| | Angolo di attrito del Terreno di Fondazione | (°) | $\phi1'$ | 30.00 | 30.00 |
| | Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione | (kN/m ³) | $\gamma1$ | 19.00 | 19.00 |
| | Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione | (kN/m ³) | γd | 19.00 | 19.00 |
| | Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) | (m) | Hs | 6.40 | |
| | Modulo di deformazione | (kN/m ²) | E | 60000 | |

| | | | | |
|--------------|--|--|-----------|-----|
| Dati Sismici | Accelerazione sismica | a_g/g | 0.158 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Stratigrafico | S_s | 1.46 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Topografico | S_T | 1 | (-) |
| | Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima | β_s | 0.38 | (-) |
| | Coefficiente sismico orizzontale | kh | 0.0876584 | (-) |
| | Coefficiente sismico verticale | kv | 0.0438 | (-) |
| | Muro libero di traslare o ruotare | <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no | | |

| | | SLE | STR/GEO | EQU |
|------------------------|--|------|---------|-------|
| Coefficienti di Spinta | Coeff. di Spinta Attiva Statico | ka | 0.244 | 0.244 |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma + | kas+ | 0.295 | 0.295 |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma - | kas- | 0.300 | 0.300 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva | kp | 3.000 | 3.000 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma + | kps+ | 2.851 | 2.851 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma - | kps- | 2.837 | 2.837 |

| | | | | valori caratteristici SLE - sisma | valori di progetto | |
|---|---|--|------|--------------------------------------|--------------------|-------|
| | | | | | STR/GEO | EQU |
| Carichi permanenti | Sovraccarico permanente | (kN/m ²) | qp | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Sovraccarico su zattera di monte | <input type="radio"/> si <input checked="" 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 |
| Condizioni Statiche | Momento in Testa permanente | (kNm/m) | mp | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche | (kN/m ²) | q | 20.00 | 30.00 | 30.00 |
| | 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 |
| Condizioni Sismiche | Coefficienti di combinazione condizione frequente $\Psi1$ | | 1.00 | condizione quasi permanente $\Psi2$ | 0.00 | |
| | Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche | (kN/m ²) | qs | 4.00 | | |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kN/m) | fs | 0.00 | | |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kN/m) | vs | 0.00 | | |
| Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kNm/m) | ms | 0.00 | | | |

Non essendoci carichi permanenti applicati $q_p=0$, però essendo in prossimità di un piazzale è stato inserito un carico variabile di 20kN/m² in condizioni statiche e di 4 kPa (20% di 20 kPa) in condizioni sismiche.

Si riporta di seguito una tabella rappresentante i coefficienti parziali di sicurezza per le condizioni statiche nella prima colonna e i coefficienti parziali di sicurezza per le condizioni sismiche nella seconda colonna.

| Carichi | Effetto | Coeff. Parziale | altro | altro |
|------------|-------------|-----------------|-------|-------|
| | | | altro | altro |
| Permanenti | favorevole | γ_G | 1.00 | 1.00 |
| | sfavorevole | | 1.35 | 1.00 |
| Variabili | favorevole | γ_Q | 0.00 | 0.00 |
| | sfavorevole | | 1.50 | 1.00 |

| Parametro | | altro | altro |
|------------------------|----------------|-------|-------|
| angolo d'attrito | $\tan \phi'_k$ | 1.00 | 1.00 |
| coesione | c'_k | 1.00 | 1.00 |
| resistenza non drenata | c_{uk} | 1.00 | 1.00 |
| peso unità di volume | γ | 1.00 | 1.00 |

| Verifica | Coeff. Parziale | altro | altro |
|------------------------------|-----------------|-------|-------|
| | | altro | altro |
| Capacità portante fondazione | γ_R | 1.40 | 1.20 |
| Scorrimento | | 1.10 | 1.00 |
| Ribaltamento | | 1.15 | 1.00 |

7.2 AZIONI

7.2.1 FORZE VERTICALI E FORZE INERZIALI

FORZE VERTICALI

| | | | SLE | STR/GEO |
|----------------------|--------------------------------------|--------|--------|---------|
| - Peso del Muro (Pm) | | | | |
| Pm1 = | $(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pm2 = | $(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 54.00 | 54.00 |
| Pm3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pm4 = | $(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 48.00 | 48.00 |
| Pm5 = | $(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pm = | $Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$ | (kN/m) | 102.00 | 102.00 |

| | | | | |
|--|---|--------|--------|--------|
| - Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt) | | | | |
| Pt1 = | $(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$ | (kN/m) | 143.64 | 143.64 |
| Pt2 = | $(0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pt3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sovr = | $qp \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pt = | $Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr$ | (kN/m) | 143.64 | 143.64 |

| | | | | |
|---|----------------------|--------|-----|----|
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 42 | 63 |
| Sovr acc. Sism | $qs \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 8.4 | |

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

| | | | SLE | STR/GEO |
|-------------|---|---------|--------|---------|
| - Muro (Mm) | | | | |
| Mm1 = | $Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mm2 = | $Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3)$ | (kNm/m) | 43.20 | 43.20 |
| Mm3 = | $Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mm4 = | $Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | 76.80 | 76.80 |
| Mm5 = | $Pm5 \cdot (B - Bd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mm = | $Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$ | (kNm/m) | 120.00 | 120.00 |

| | | | | |
|---|---|---------|--------|--------|
| - Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro | | | | |
| Mt1 = | $Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5)$ | (kNm/m) | 308.83 | 308.83 |
| Mt2 = | $Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mt3 = | $Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Msovr = | $Sovr \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mt = | $Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr$ | (kNm/m) | 308.83 | 308.83 |

| | | | | |
|---|---|---------|-------|--------|
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 90.3 | 135.45 |
| Sovr acc. Sism | $qs \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 18.06 | |

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

| | | | | |
|---|---------------|-------|--|------|
| - Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps) | | | | |
| Ps h = | $Pm \cdot kh$ | (kNm) | | 8.94 |
| Ps v = | $Pm \cdot kv$ | (kNm) | | 4.47 |

| | | | | |
|---|---------------|-------|--|-------|
| - Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts) | | | | |
| Ptsh = | $Pt \cdot kh$ | (kNm) | | 12.59 |
| Ptsh v = | $Pt \cdot kv$ | (kNm) | | 6.30 |

| | | | | |
|---|------------------------------------|---------|--|-------|
| - Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h) | | | | |
| MPs1 h = | $kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3/3)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs2 h = | $kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | | 11.36 |
| MPs3 h = | $kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3/3)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs4 h = | $kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$ | (kNm/m) | | 1.26 |
| MPs5 h = | $-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs h = | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$ | (kNm/m) | | 12.62 |

| | | | | |
|---|--|---------|--|------|
| - 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 |
| MPs2 v = | $kv \cdot Pm2 \cdot (B1 + B2 + B3/2)$ | (kNm/m) | | 1.89 |
| MPs3 v = | $kv \cdot Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4/3)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs4 v = | $kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | | 3.37 |
| MPs5 v = | $kv \cdot Pm5 \cdot (B - Bd/2)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs v = | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$ | (kNm/m) | | 5.26 |

| | | | | |
|--|--|---------|--|-------|
| - Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h) | | | | |
| MPts1 h = | $kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | | 30.22 |
| MPts2 h = | $kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPts3 h = | $kh \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3 \cdot 2/3)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPts h = | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | | 30.22 |

| | | | | |
|--|--|---------|--|-------|
| - 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) | | 13.54 |
| MPts2 v = | $kv \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0.5$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPts3 v = | $kv \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3 \cdot 2/3) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0.5$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPts v = | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | | 13.54 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

7.2.2 SPINTE IN CONDIZIONI STATICHE

CONDIZIONE STATICA

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

| | | | SLE | STR/GEO | |
|---------|---|---|--------|---------|-------|
| St | = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) | 40.96 | 55.29 |
| 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) | 20.53 | 30.80 |

- Componente orizzontale condizione statica

| | | | | | |
|----------|---|-------------------------------------|--------|-------|-------|
| Sth | = | $St \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 37.61 | 50.77 |
| Sqh perm | = | $Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sqh acc | = | $Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 18.85 | 28.28 |

- Componente verticale condizione statica

| | | | | | |
|----------|---|-------------------------------------|--------|-------|-------|
| Stv | = | $St \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 16.22 | 21.90 |
| Sqv perm | = | $Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sqv acc | = | $Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 8.13 | 12.20 |

- Spinta passiva sul dente

| | | | | | |
|----|---|--|--------|------|------|
| Sp | = | $\frac{1}{2} \cdot g1 \cdot Hd^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c1 \cdot kp^{0.5} + \gamma1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
|----|---|--|--------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | | SLE | STR/GEO | |
|-----------|---|--|-----------|---------|-------|
| MSt1 | = | $Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd)$ | (kNm/m) | 52.65 | 71.08 |
| MSt2 | = | $Stv \cdot B$ | (kNm/m) | 51.91 | 70.08 |
| 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) | 39.59 | 59.38 |
| MSq2 perm | = | $Sqv \text{ perm} \cdot B$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MSq2 acc | = | $Sqv \text{ acc} \cdot B$ | (kNm/m) | 26.02 | 39.03 |
| MSp | = | $\gamma1 \cdot Hd^3 \cdot kp/3 + (2 \cdot c1 \cdot kp^{0.5} + \gamma1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd^2/2$ | (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 |

| | | | | | | |
|---|---|-------------|------------------|-------------------------|-----------|------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A | FOGLIO 40 DI 125 |

7.2.3 SPINTE IN CONDIZIONI SISMICHE

CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO |
|---|---|--------|---------|
| - Spinta condizione sismica + | | | |
| Sst1 stat = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$ | (kN/m) | 40.96 |
| Sst1 sism = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (1 + k_v) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as}^+ - Sst1 \text{ stat}$ | (kN/m) | 10.69 |
| Ssq1 perm = | $q_p \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}^+$ | (kN/m) | 0.00 |
| Ssq1 acc = | $q_s \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}^+$ | (kN/m) | 4.96 |
| - Componente orizzontale condizione sismica + | | | |
| Sst1h stat = | $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 37.61 |
| Sst1h sism = | $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 9.81 |
| Ssq1h perm = | $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 |
| Ssq1h acc = | $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 4.55 |
| - Componente verticale condizione sismica + | | | |
| Sst1v stat = | $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 16.22 |
| Sst1v sism = | $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 4.23 |
| Ssq1v perm = | $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 |
| Ssq1v acc = | $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 1.96 |
| - Spinta passiva sul dente | | | |
| Sp = | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_1' \cdot (1 + k_v) \cdot H_d^2 \cdot k_{ps}^+ + (2 \cdot c_1' \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' \cdot (1 + k_v) \cdot k_{ps}^+ \cdot H_2') \cdot H_d$ | (kN/m) | 0.00 |

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO |
|------------------------|---|---------|---------|
| - Condizione sismica + | | | |
| MSst1 stat = | $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | (kNm/m) | 52.65 |
| MSst1 sism = | $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | (kNm/m) | 13.74 |
| MSst2 stat = | $Sst1v \text{ stat} \cdot B$ | (kNm/m) | 51.91 |
| MSst2 sism = | $Sst1v \text{ sism} \cdot B$ | (kNm/m) | 13.55 |
| MSsq1 = | $Ssq1h \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) | 9.56 |
| MSsq2 = | $Ssq1v \cdot B$ | (kNm/m) | 6.29 |
| MSp = | $\gamma_1' \cdot H_d^3 \cdot k_{ps}^+ / 3 + (2 \cdot c_1' \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' \cdot k_{ps}^+ \cdot H_2') \cdot H_d^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | |
|----------|---|---------|------|
| Mfext1 = | $m_p + m_s$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext2 = | $(f_p + f_s) \cdot (H_3 + H_2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext3 = | $(v_p + v_s) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$ | (kNm/m) | 0.00 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO |
|---|--|--------|---------|
| - Spinta condizione sismica - | | | |
| Sst1 stat = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$ | (kN/m) | 40.96 |
| Sst1 sism = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (1 - k_v) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as}^- \cdot Sst1 \text{ stat}$ | (kN/m) | 7.18 |
| Ssq1 perm = | $q_p \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}^-$ | (kN/m) | 0.00 |
| Ssq1 acc = | $q_s \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}^-$ | (kN/m) | 5.05 |
| - Componente orizzontale condizione sismica - | | | |
| Sst1h stat = | $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 37.61 |
| Sst1h sism = | $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 6.59 |
| Ssq1h perm = | $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 |
| Ssq1h acc = | $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 4.63 |
| - Componente verticale condizione sismica - | | | |
| Sst1v stat = | $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 16.22 |
| Sst1v sism = | $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 2.84 |
| Ssq1v perm = | $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 |
| Ssq1v acc = | $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 2.00 |
| - Spinta passiva sul dente | | | |
| Sp = | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_1' \cdot (1 - k_v) \cdot H_d^2 \cdot k_{ps}^- + (2 \cdot c_1' \cdot k_{ps}^{-0.5} + \gamma_1' \cdot (1 - k_v) \cdot k_{ps}^- \cdot H_2) \cdot H_d$ | (kN/m) | 0.00 |

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO |
|------------------------|--|---------|---------|
| - Condizione sismica - | | | |
| MSst1 stat = | $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + h_d) / 3 - h_d)$ | (kNm/m) | 52.65 |
| MSst1 sism = | $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | (kNm/m) | 9.23 |
| MSst2 stat = | $Sst1v \text{ stat} \cdot B$ | (kNm/m) | 51.91 |
| MSst2 sism = | $Sst1v \text{ sism} \cdot B$ | (kNm/m) | 9.10 |
| MSsq1 = | $Ssq1h \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) | 9.73 |
| MSsq2 = | $Ssq1v \cdot B$ | (kNm/m) | 6.40 |
| MSp = | $\gamma_1' \cdot H_d^3 \cdot k_{ps}^+ / 3 + (2 \cdot c_1' \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' \cdot k_{ps}^+ \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | |
|----------|---|---------|------|
| Mfext1 = | $mp + ms$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext2 = | $(fp + fs) \cdot (H_3 + H_2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext3 = | $(vp + vs) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$ | (kNm/m) | 0.00 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

7.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

7.3.1 VERIFICA IN CONDIZIONI STATICHE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

| | | | | |
|---------------------------------------|---|---|-------------|-----------------|
| Risultante forze verticali (N) | | | | |
| N | = | $P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv\ perm} + S_{qv\ acc}$ | 279.74 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| T | = | $S_{th} + S_{qh} + f$ | 79.05 | (kN/m) |
| Coefficiente di attrito alla base (f) | | | | |
| f | = | $tg\phi_1'$ | 0.58 | (-) |
| Fs scorr. | | (N*f + Sp) / T | 2.04 | > 1.1 |

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

| | | | | |
|----------------------------|---|--|--------------|------------------|
| Momento stabilizzante (Ms) | | | | |
| Ms | = | $M_m + M_t + M_{fext3}$ | 428.83 | (kNm/m) |
| Momento ribaltante (Mr) | | | | |
| Mr | = | $M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp}$ | 21.35 | (kNm/m) |
| Fs ribaltamento | | Ms / Mr | 20.09 | > 1.15 |

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

| | | | | |
|--|--|--------|--------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| $N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} (+ Sovr acc)$ | | 279.74 | 342.74 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| $T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p$ | | 79.05 | 79.05 | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| $MM = \sum M$ | | 407.48 | 542.93 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| $M = X_c \cdot N - MM$ | | 40.10 | 5.45 | (kNm/m) |

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

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. | 2.50 | | (kPa) |
| ϕ_1' | angolo di attrito terreno di fondaz. | 30.00 | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 19.00 | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma \cdot H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 15.20 | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0.14 | 0.02 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 2.91 | 3.17 | (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) | 18.40 | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$ | (2+ π in cond. nd) | 30.14 | | (-) |
| $N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi')$ | (0 in cond. nd) | 22.40 | | (-) |

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

| | | | | |
|--|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cot(\phi)))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.53 | 0.61 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.51 | 0.51 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cot(\phi)))^{m+1}$ | | 0.39 | 0.39 | (-) |

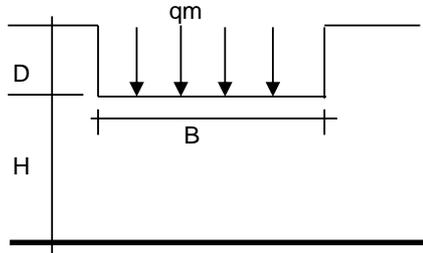
(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 427.79 | 449.31 | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} \cdot B^* / N$ | Nmin | 4.46 | > | 1.4 |
| | | Nmax | 4.15 | > | |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E \quad (\text{Christian e Carrier, 1976})$$

| | | |
|-------|--------|---------|
| N | 269.99 | (kN/m) |
| M | 17.47 | (kNm/m) |
| e=M/N | 0.06 | (m) |
| B* | 3.07 | (m) |

Profondità Piano di Posa della Fondazione

| | | |
|-------|------|-----|
| D = | 0.80 | (m) |
| D/B* | 0.26 | (m) |
| Hs/B* | 2.08 | (m) |

Carico unitario medio (qm)

$$q_m = N / (B - 2 * e) = N / B^* = 91.10 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0.950 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0.68 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E = 3.01 \quad (\text{mm})$$

7.3.2 VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} = 224.04 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} = 67.44 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg} \varphi_1' = 0.58 \quad (-)$$

$$F_s = (N * f + S_p) / T$$

$$1.92 > 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} = 328.75 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} = 90.90 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r$$

$$3.62 > 1$$

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

| | | | | |
|--|---|--------|--------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| N = | $P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (S_{ovr} acc)$ | 244.01 | 250.81 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| T = | $S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$ | 70.59 | | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| MM = | $\sum M$ | 293.05 | 306.31 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| M = | $X_c * N - MM$ | 48.56 | 44.82 | (kNm/m) |

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

Fondazione Nastriforme

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

| | | | | |
|------------------------|--------------------------------------|-------|------|----------------------|
| $c'1'$ | coesione terreno di fondaz. | 2.50 | | (kN/mq) |
| $\phi'1'$ | angolo di attrito terreno di fondaz. | 30.00 | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 19.00 | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma d' H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 19.00 | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0.20 | 0.18 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 2.40 | 2.44 | (m) |

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

| | | | | |
|---|------------------------|-------|--|-----|
| $N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) e^{(\pi \tan \phi')}$ | (1 in cond. nd) | 18.40 | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \tan \phi'$ | (2+ π in cond. nd) | 30.14 | | (-) |
| $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi'$ | (0 in cond. nd) | 22.40 | | (-) |

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

| | | | | |
|--|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi'))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.52 | 0.53 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.49 | 0.51 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi'))^{m+1}$ | | 0.38 | 0.38 | (-) |

(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 412.63 | 420.67 | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} * B^* / N$ | Nmin | 4.06 | > | 1.2 |
| | | Nmax | 4.10 | > | |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

7.4 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DEL COMPLESSO OPERA DI SOSTEGNO – TERRENO

7.4.1 VERIFICA IN CONDIZIONI STATICHE

| | γ [kN/m ³] | ϕ [°] | c [kPa] | Descrizione |
|-------------|----------------------------------|---------------|------------|-------------|
| materiale 1 | 18 | 30 | 0 | Riparto |
| materiale 2 | 19 | 30 | 15 | Unità U1c |
| materiale 3 | | | | |
| materiale 4 | | | | |

peso specifico acqua 10 [kN/m³]

azioni sismiche a_g/g 0.158 (-) S_s 1.46 k_h 0.0877 (-)
 β_s 0.38 S_T 1 k_v 0.0438 (-)

x muro 100 (m) y muro 100 (m)

| p.c. valle | | p.c. monte | | superficie 1 | | superficie 2 | | superficie 3 | | falda | |
|-------------|---------|------------|---|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---|---------|--------|
| materiale 1 | | | | materiale 2 | | materiale 4 | | materiale 2 | | | |
| x | y | x | y | x | y | x | y | x | y | x | y |
| 0 | 100.000 | 101.000 | 0 | 101.000 | 103.600 | 0 | 50.000 | 100.000 | 0 | 50.000 | 80.000 |
| 1 | 50.000 | 101.000 | 1 | 150.000 | 103.600 | 1 | 150.000 | 100.000 | 1 | 150.000 | 80.000 |
| 2 | | | 2 | | | 2 | | | 2 | | |
| 3 | | | 3 | | | 3 | | | 3 | | |



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale
NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo muro di sostegno

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA5F | 01 | D 78 | FA0200 001 | A | 47 DI 125 |

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

| # Superfici Calcolate | FS Bishop | |
|-----------------------|-----------|-------|
| | STATICO | 3.990 |
| 1078 | SISMICO | 2.325 |

CALCOLO

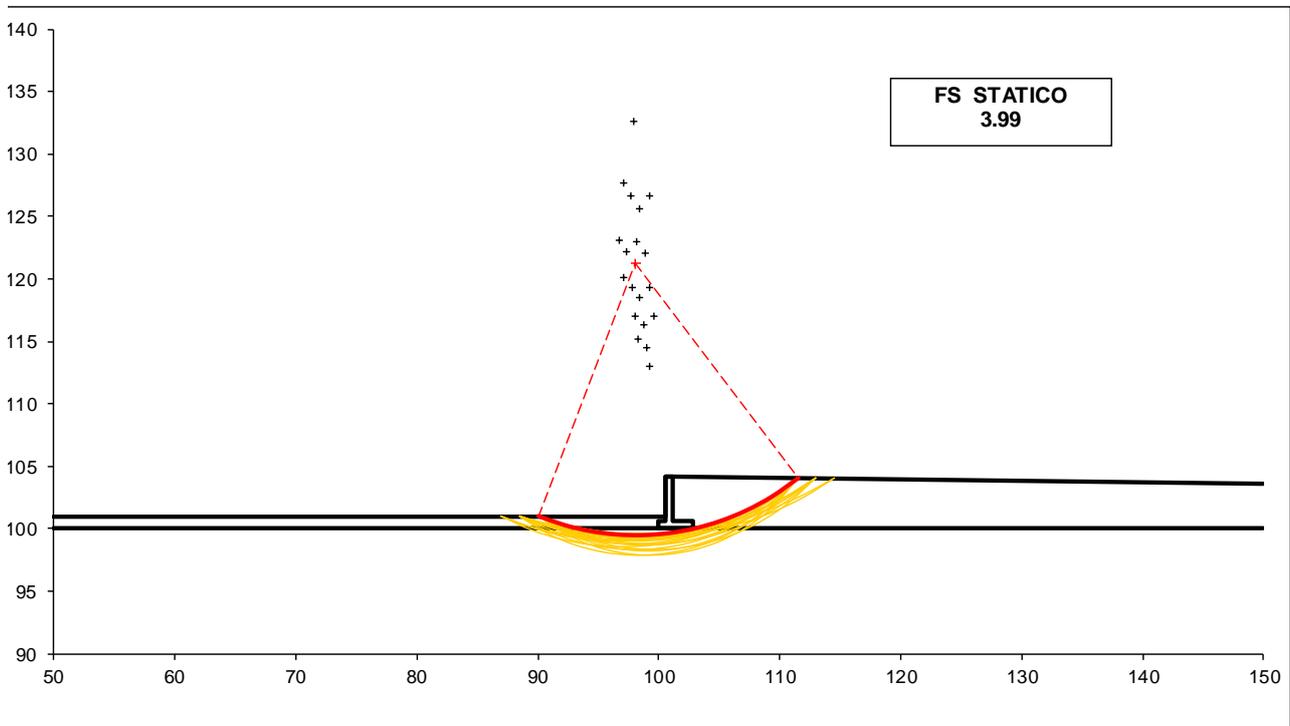
Condizione di Carico

STATICA

superfici da disegnare

20

DISEGNO



2.006>1.1 VERIFICA SODDISFATTA

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

7.4.2 VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE

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

| # Superfici Calcolate | FS Bishop |
|-----------------------|---------------|
| 1078 | STATICO 3.990 |
| | SISMICO 2.325 |

CALCOLO

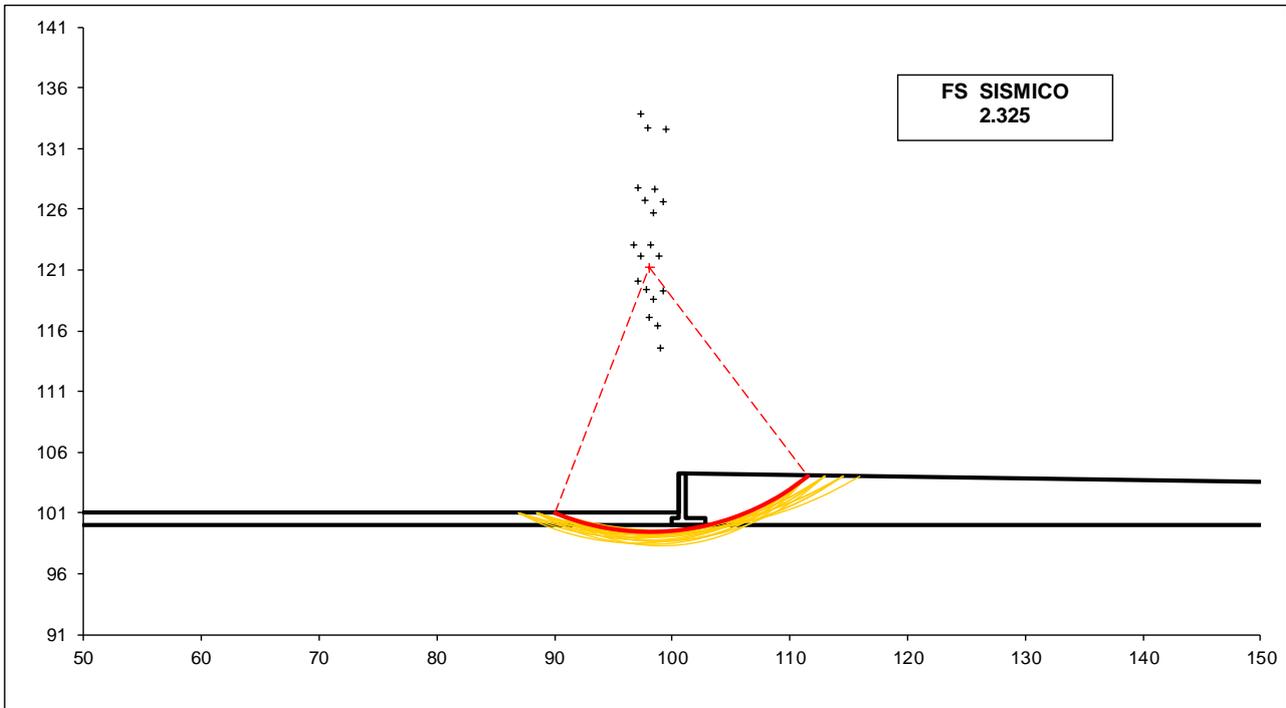
Condizione di Carico

SISMICA ▼

superfici da disegnare

20 ▼

DISEGNO



2.591 > 1.2 VERIFICA SODDISFATTA

7.5 VERIFICHE STRUTTURALI

7.5.1 CALCOLO SOLLECITAZIONI

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

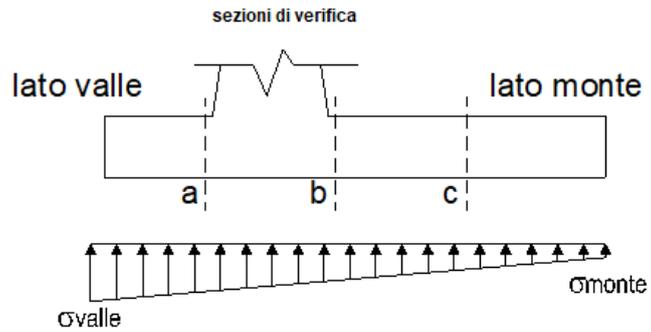
$$\sigma_{valle} = N/A + M/W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 2.80 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2/6 = 1.31 \text{ (m}^3\text{)}$$

| caso | N | M | σ_{valle} | σ_{monte} |
|---------|--------|-------|----------------------|----------------------|
| | [kN] | [kNm] | [kN/m ²] | [kN/m ²] |
| statico | 195.69 | 24.81 | 88.88 | 50.90 |
| | 222.69 | 11.31 | 88.19 | 70.88 |
| sisma+ | 196.56 | 27.60 | 91.32 | 49.08 |
| | 196.56 | 27.60 | 91.32 | 49.08 |
| sisma- | 180.27 | 27.86 | 85.71 | 43.06 |
| | 180.27 | 27.86 | 85.71 | 43.06 |



Mensola Lato Valle

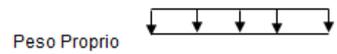
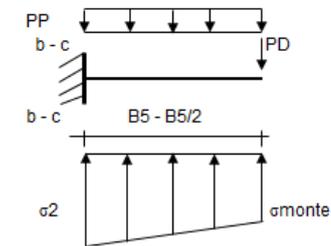
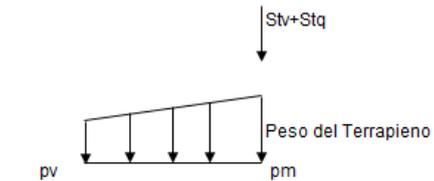
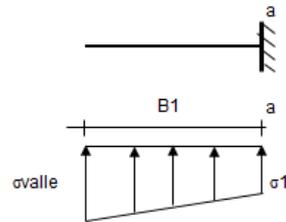
Peso Proprio. PP = 12.50 (kN/m)

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

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

| caso | σ_{valle} | σ_1 | M_a | V_a |
|---------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 88.88 | 82.10 | 9.26 | 36.49 |
| | 88.19 | 85.10 | 9.33 | 37.07 |
| sisma+ | 91.32 | 83.78 | 9.47 | 39.14 |
| | 91.32 | 83.78 | 9.54 | 39.14 |
| sisma- | 85.71 | 78.09 | 8.90 | 36.33 |
| | 85.71 | 78.09 | 8.83 | 36.33 |

Peso Proprio

Mensola Lato Monte

PP = 12.50 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione
 PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

| | Nmin | N max stat | N max sism | |
|-----|-------|------------|------------|----------------------|
| pm | 55.80 | 70.80 | 55.80 | (kN/m ²) |
| pvb | 55.80 | 70.80 | 55.80 | (kN/m ²) |
| pvc | 55.80 | 70.80 | 55.80 | (kN/m ²) |

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

$$M_c = (\sigma_{monte} - (pvc + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5/2)^2/2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B5/2)^2/6 - (pm - pvc) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5/2)^2/3 + (Stv + Sqv) \cdot (B5/2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + Msp + Sp \cdot H2/2$$

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

$$V_c = (\sigma_{monte} - (pvc + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5/2) + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B5/2)/2 - (pm - pvc) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5/2)/2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

| caso | σ_{monte} | σ_{2b} | M_b | V_b | σ_{2c} | M_c | V_c |
|---------|----------------------|----------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 50.90 | 75.32 | -53.71 | -30.85 | 63.11 | -24.75 | -31.67 |
| | 70.88 | 82.01 | -52.82 | -33.85 | 76.44 | -23.63 | -30.18 |
| sisma+ | 49.08 | 76.23 | -47.84 | -30.28 | 62.66 | -20.42 | -28.62 |
| | 49.08 | 76.23 | -47.84 | -30.28 | 62.66 | -20.42 | -28.62 |
| sisma- | 43.06 | 70.47 | -45.92 | -29.09 | 56.77 | -19.50 | -27.57 |
| | 43.06 | 70.47 | -45.92 | -29.09 | 56.77 | -19.50 | -27.57 |

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

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

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

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

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

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

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

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

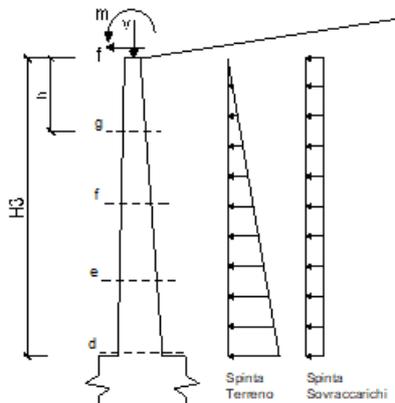
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

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

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

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

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



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 | 3.10 | 33.71 | 20.14 | 0.00 | 53.85 | 0.00 | 38.75 | 38.75 |
| e-e | 2.33 | 14.22 | 11.33 | 0.00 | 25.55 | 0.00 | 29.06 | 29.06 |
| f-f | 1.55 | 4.21 | 5.03 | 0.00 | 9.25 | 0.00 | 19.38 | 19.38 |
| g-g | 0.78 | 0.53 | 1.26 | 0.00 | 1.79 | 0.00 | 9.69 | 9.69 |

| sezione | h | Vt | Vq | V _{ext} | V _{tot} |
|---------|------|--------|--------|------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 3.10 | 32.62 | 12.99 | 0.00 | 45.61 |
| e-e | 2.33 | 18.35 | 9.74 | 0.00 | 28.09 |
| f-f | 1.55 | 8.16 | 6.50 | 0.00 | 14.65 |
| g-g | 0.78 | 2.04 | 3.25 | 0.00 | 5.29 |

condizione sismica +

| sezione | h | M _{t stat} | M _{t sism} | Mq | 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 | 3.10 | 24.97 | 6.43 | 0.00 | 0.00 | 5.26 | 36.67 | 0.00 | 40.45 | 40.45 |
| e-e | 2.33 | 10.53 | 2.71 | 0.00 | 0.00 | 2.96 | 16.21 | 0.00 | 30.34 | 30.34 |
| f-f | 1.55 | 3.12 | 0.80 | 0.00 | 0.00 | 1.32 | 5.24 | 0.00 | 20.22 | 20.22 |
| g-g | 0.78 | 0.39 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.33 | 0.82 | 0.00 | 10.11 | 10.11 |

| sezione | h | V _{t stat} | V _{t sism} | Vq | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|--------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 3.10 | 24.16 | 6.23 | 0.00 | 0.00 | 3.40 | 33.79 |
| e-e | 2.33 | 13.59 | 3.50 | 0.00 | 0.00 | 2.55 | 19.64 |
| f-f | 1.55 | 6.04 | 1.56 | 0.00 | 0.00 | 1.70 | 9.30 |
| g-g | 0.78 | 1.51 | 0.39 | 0.00 | 0.00 | 0.85 | 2.75 |

condizione sismica -

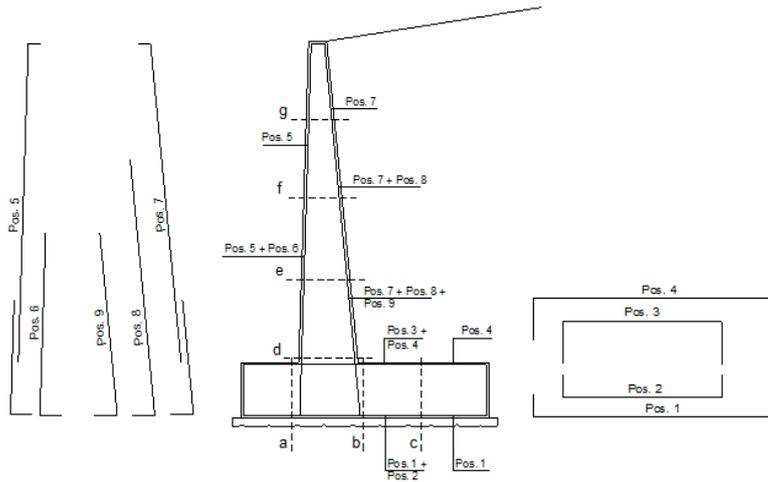
| sezione | h | M _{t stat} | M _{t sism} | Mq | M _{ext} | M _{inerzia} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp+inerzia} | N _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|---------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 3.10 | 24.97 | 4.15 | 0.00 | 0.00 | 5.26 | 34.39 | 0.00 | 37.05 | 37.05 |
| e-e | 2.33 | 10.53 | 1.75 | 0.00 | 0.00 | 2.96 | 15.25 | 0.00 | 27.79 | 27.79 |
| f-f | 1.55 | 3.12 | 0.52 | 0.00 | 0.00 | 1.32 | 4.96 | 0.00 | 18.53 | 18.53 |
| g-g | 0.78 | 0.39 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.33 | 0.78 | 0.00 | 9.26 | 9.26 |

| sezione | h | V _{t stat} | V _{t sism} | Vq | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|--------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 3.10 | 24.16 | 4.02 | 0.00 | 0.00 | 3.40 | 31.58 |
| e-e | 2.33 | 13.59 | 2.26 | 0.00 | 0.00 | 2.55 | 18.40 |
| f-f | 1.55 | 6.04 | 1.01 | 0.00 | 0.00 | 1.70 | 8.74 |
| g-g | 0.78 | 1.51 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.85 | 2.61 |

7.5.2 VERIFICHE SLU

Si dispone un'armatura principale, sia nel paramento verticale che nella soletta di fondazione, costituita da $\phi 24/20$ e un'armatura di ripartizione costituita da $\phi 12/25$. Il copriferro di calcolo è pari a 4 mm.

SCHEMA DELLE ARMATURE

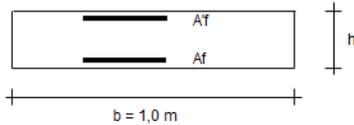


ARMATURE

| pos | n°/ml | φ | II strato | pos | n°/ml | φ | II strato |
|-----|-------|----|-----------|-----|-------|----|-----------|
| 1 | 5.0 | 24 | ┌ └ | 5 | 5.0 | 24 | ┌ └ |
| 2 | 0.0 | 0 | | 6 | 0.0 | 0 | |
| 3 | 0.0 | 0 | | 7 | 5.0 | 24 | |
| 4 | 5.0 | 24 | | 8 | 0.0 | 0 | |
| | | | | 9 | 0.0 | 0 | |

Calcola

VERIFICHE



- a-a pos 1-2-3-4
- b-b pos 1-2-3-4
- c-c pos 1-4
- d-d pos 5-6-7-8-9
- e-e pos 5-6-7-8-9
- f-f pos 5-7-8
- g-g pos 5-7

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | Mu |
|------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|--------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (kNm) |
| a-a | 9.54 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 364.33 |
| b-b | -53.71 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 364.33 |
| c-c | -24.75 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 364.33 |
| d-d | 53.85 | 38.75 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 371.87 |
| e-e | 25.55 | 29.06 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 369.98 |
| f-f | 9.25 | 19.38 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 368.10 |
| g-g | 1.79 | 9.69 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 366.22 |

(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 _{RD} | |
|------|-----------------|------|-----------------|----------|----------|---------|------|-----------------|----------------------------------|
| (-) | (kN) | (m) | (kN) | (mm) | (cm) | (cm) | (°) | (kN) | |
| a-a | 39.14 | 0.50 | 220.73 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| b-b | 33.85 | 0.50 | 220.73 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| c-c | 31.67 | 0.50 | 220.73 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| d-d | 45.61 | 0.50 | 225.88 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| e-e | 28.09 | 0.50 | 224.59 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| f-f | 14.65 | 0.50 | 223.31 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| g-g | 5.29 | 0.50 | 222.02 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |

VERIFICATO

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

7.5.3 VERIFICHE SLE

VERIFICA DI TENSIONI DI ESERCIZIO

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 | 7.83 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.24 | 8.72 |
| b - b | -36.22 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 1.10 | 40.34 |
| c - c | -16.73 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.51 | 18.64 |
| d - d | 38.39 | 38.75 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 1.21 | 34.74 |
| e - e | 18.09 | 29.06 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.58 | 14.23 |
| f - f | 6.48 | 19.38 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.21 | 3.47 |
| g - g | 1.23 | 9.69 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.04 | 0.05 |

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 | 9.47 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.29 | 10.55 |
| b - b | -47.84 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 1.45 | 53.28 |
| c - c | -20.42 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.62 | 22.75 |
| d - d | 36.67 | 37.05 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 1.15 | 33.17 |
| e - e | 16.21 | 27.79 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.52 | 12.42 |
| f - f | 5.24 | 18.53 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.17 | 2.35 |
| g - g | 0.82 | 9.26 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.03 | -0.06 |

VERIFICA DI APERTURA DELLE FESSURE

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 | 7.83 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.24 | 8.72 | 0.009 | 0.200 |
| b - b | -36.22 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 1.10 | 40.34 | 0.043 | 0.200 |
| c - c | -16.73 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.51 | 18.64 | 0.020 | 0.200 |
| d - d | 38.39 | 38.75 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 1.21 | 34.74 | 0.036 | 0.200 |
| e - e | 18.09 | 29.06 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.58 | 14.23 | 0.014 | 0.200 |
| f - f | 6.48 | 19.38 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.21 | 3.47 | 0.003 | 0.200 |
| g - g | 1.23 | 9.69 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.04 | 0.05 | 0.000 | 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 | 6.53 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.20 | 7.27 | 0.008 | 0.300 |
| b - b | -22.56 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.68 | 25.12 | 0.027 | 0.300 |
| c - c | -10.81 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.33 | 12.04 | 0.013 | 0.300 |
| d - d | 24.97 | 38.75 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.80 | 19.91 | 0.020 | 0.300 |
| e - e | 10.53 | 29.06 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.34 | 6.06 | 0.006 | 0.300 |
| f - f | 3.12 | 19.38 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.10 | 0.44 | 0.000 | 0.300 |
| g - g | 0.39 | 9.69 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.00 | - | - | 0.300 |

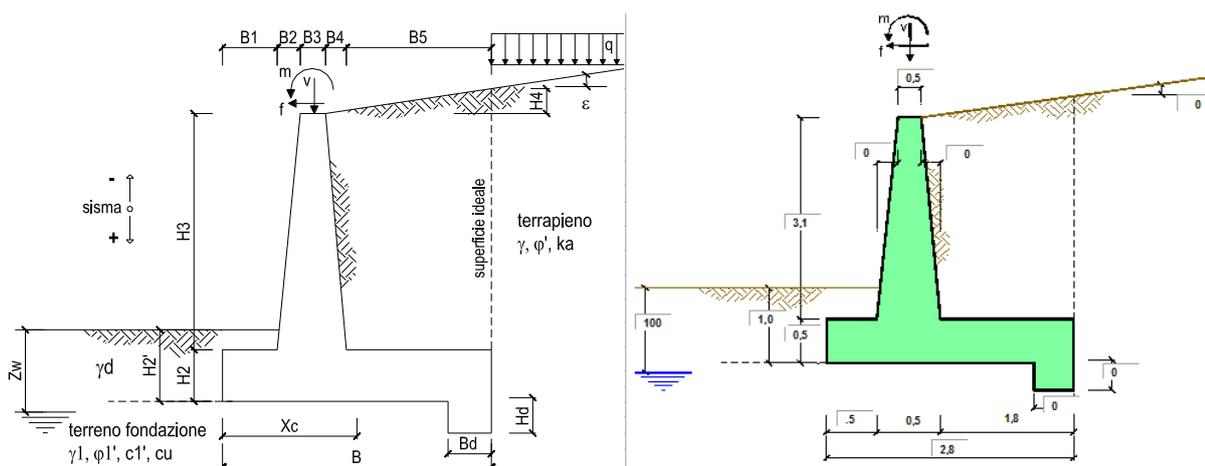
sez. compressa

VERIFICATO

8 ANALISIS E VERIFICA MURO TIPO5

8.1 INPUT

Le caratteristiche geometriche sono riportate sinteticamente nel seguente schema:



Geometria del Muro

| | | | |
|----------------------------|------|------|-----|
| Elevazione | H3 = | 3.10 | (m) |
| Aggetto Valle | B2 = | 0.00 | (m) |
| Spessore del Muro in Testa | B3 = | 0.50 | (m) |
| Aggetto monte | B4 = | 0.00 | (m) |

Geometria della Fondazione

| | | | |
|----------------------|------|------|-----|
| Larghezza Fondazione | B = | 2.80 | (m) |
| Spessore Fondazione | H2 = | 0.50 | (m) |
| Suola Lato Valle | B1 = | 0.50 | (m) |
| Suola Lato Monte | B5 = | 1.80 | (m) |
| Altezza dente | Hd = | 0.00 | (m) |
| Larghezza dente | Bd = | 0.00 | (m) |
| Mezzeria Sezione | Xc = | 1.40 | (m) |

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

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

| | | | | valori caratteristici SLE | valori di progetto STR/GEO |
|-------------------------|--|--|------------|------------------------------|-------------------------------|
| Dati Geotecnici | | | | | |
| Dati Terrapieno | Angolo di attrito del terrapieno | (°) | ϕ' | 35.00 | 35.00 |
| | Peso Unità di Volume del terrapieno | (kN/m ³) | γ' | 19.00 | 19.00 |
| | Angolo di attrito terreno-superficie ideale | (°) | δ | 23.33 | 23.33 |
| Dati Terreno Fondazione | Condizioni | <input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate | | | |
| | Coesione Terreno di Fondazione | (kPa) | $c1'$ | 2.50 | 2.50 |
| | Angolo di attrito del Terreno di Fondazione | (°) | $\phi1'$ | 30.00 | 30.00 |
| | Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione | (kN/m ³) | $\gamma1$ | 19.00 | 19.00 |
| | Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione | (kN/m ³) | γd | 19.00 | 19.00 |
| | Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) | (m) | Hs | 6.40 | |
| | Modulo di deformazione | (kN/m ²) | E | 60000 | |

| | | | | |
|--------------|--|--|-----------|-----|
| Dati Sismici | Accelerazione sismica | a_g/g | 0.158 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Stratigrafico | S_s | 1.46 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Topografico | S_T | 1 | (-) |
| | Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima | β_s | 0.38 | (-) |
| | Coefficiente sismico orizzontale | k_h | 0.0876584 | (-) |
| | Coefficiente sismico verticale | k_v | 0.0438 | (-) |
| | Muro libero di traslare o ruotare | <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no | | |

| | | SLE | STR/GEO | EQU | |
|------------------------|--|------|---------|-------|-------|
| Coefficienti di Spinta | Coeff. di Spinta Attiva Statico | ka | 0.244 | 0.244 | 0.244 |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma + | kas+ | 0.295 | 0.295 | 0.295 |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma - | kas- | 0.300 | 0.300 | 0.300 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva | kp | 3.000 | 3.000 | 3.000 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma + | kps+ | 2.851 | 2.851 | 2.851 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma - | kps- | 2.837 | 2.837 | 2.837 |

| | | | | valori caratteristici SLE - sisma | valori di progetto | |
|---------------------|---|--|------|--------------------------------------|--------------------|-------|
| | | | | | STR/GEO | EQU |
| Carichi permanenti | Sovraccarico permanente | (kN/m ²) | qp | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Sovraccarico su zattera di monte | <input type="radio"/> si <input checked="" 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 | 20.00 | 30.00 | 30.00 |
| | 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 $\Psi1$ | 1.00 | condizione quasi permanente $\Psi2$ | 0.00 | |
| Condizioni Sismiche | Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche | (kN/m ²) | qs | 4.00 | | |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kN/m) | fs | 0.00 | | |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kN/m) | vs | 0.00 | | |
| | Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kNm/m) | ms | 0.00 | | |

Non essendoci carichi permanenti applicati $q_p=0$, però essendo in prossimità di un piazzale è stato inserito un carico variabile di 20kN/m² in condizioni statiche e di 4 kPa (20% di 20 kPa) in condizioni sismiche.

Si riporta di seguito una tabella rappresentante i coefficienti parziali di sicurezza per le condizioni statiche nella prima colonna e i coefficienti parziali di sicurezza per le condizioni sismiche nella seconda colonna.

| Carichi | Effetto | Coeff. Parziale | altro | altro |
|------------|-------------|-----------------|-------|-------|
| | | | altro | altro |
| Permanenti | favorevole | γ_G | 1.00 | 1.00 |
| | sfavorevole | | 1.35 | 1.00 |
| Variabili | favorevole | γ_Q | 0.00 | 0.00 |
| | sfavorevole | | 1.50 | 1.00 |

| Parametro | | altro | altro |
|------------------------|----------------|-------|-------|
| angolo d'attrito | $\tan \phi'_k$ | 1.00 | 1.00 |
| coesione | c'_k | 1.00 | 1.00 |
| resistenza non drenata | c_{uk} | 1.00 | 1.00 |
| peso unità di volume | γ | 1.00 | 1.00 |

| Verifica | Coeff. Parziale | altro | altro |
|------------------------------|-----------------|-------|-------|
| | | altro | altro |
| Capacità portante fondazione | γ_R | 1.40 | 1.20 |
| Scorrimento | | 1.10 | 1.00 |
| Ribaltamento | | 1.15 | 1.00 |

8.2 AZIONI

8.2.1 FORZE VERTICALI E FORZE INERZIALI

FORZE VERTICALI

| | | SLE | STR/ GEO |
|---|---|--------|----------|
| - Peso del Muro (Pm) | | | |
| Pm1 = | $(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$ | (kN/m) | 0.00 |
| Pm2 = | $(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 38.75 |
| Pm3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$ | (kN/m) | 0.00 |
| Pm4 = | $(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 35.00 |
| Pm5 = | $(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 0.00 |
| Pm = | $Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$ | (kN/m) | 73.75 |
| - Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt) | | | |
| Pt1 = | $(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$ | (kN/m) | 106.02 |
| Pt2 = | $(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$ | (kN/m) | 0.00 |
| Pt3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$ | (kN/m) | 0.00 |
| Sovr = | $qp \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 0.00 |
| Pt = | $Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr$ | (kN/m) | 106.02 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 36 |
| Sovr acc. Sism | $qs \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 7.2 |

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

| | | SLE | STR/ GEO |
|--|---|---------|----------|
| - Muro (Mm) | | | |
| Mm1 = | $Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mm2 = | $Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$ | (kNm/m) | 29.06 |
| Mm3 = | $Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mm4 = | $Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | 49.00 |
| Mm5 = | $Pm5 \cdot (B - Bd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mm = | $Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$ | (kNm/m) | 78.06 |
| - Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro | | | |
| Mt1 = | $Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$ | (kNm/m) | 201.44 |
| Mt2 = | $Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mt3 = | $Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Msovr = | $Sovr \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mt = | $Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr$ | (kNm/m) | 201.44 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | |
| Sovr acc. Stat | $(B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 68.4 |
| Sovr acc. Sism | $(B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 13.68 |

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

| | | | |
|---|--|---------|-------|
| - Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps) | | | |
| Ps h = | $Pm \cdot kh$ | (kN/m) | 6.46 |
| Ps v = | $Pm \cdot kv$ | (kN/m) | 3.23 |
| - Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts) | | | |
| Ptsh = | $Pt \cdot kh$ | (kN/m) | 9.29 |
| Ptsh = | $Pt \cdot kv$ | (kN/m) | 4.65 |
| - Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h) | | | |
| MPs1 h = | $kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs2 h = | $kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | 6.96 |
| MPs3 h = | $kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs4 h = | $kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$ | (kNm/m) | 0.77 |
| MPs5 h = | $-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs h = | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$ | (kNm/m) | 7.73 |
| - 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 |
| MPs2 v = | $kv \cdot Pm2 \cdot (B1 + B2 + B3/2)$ | (kNm/m) | 1.27 |
| MPs3 v = | $kv \cdot Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs4 v = | $kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | 2.15 |
| MPs5 v = | $kv \cdot Pm5 \cdot (B - Bd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs v = | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$ | (kNm/m) | 3.42 |
| - Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h) | | | |
| MPts1 h = | $kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | 19.05 |
| MPts2 h = | $kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts3 h = | $kh \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3 \cdot 2/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts h = | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | 19.05 |
| - 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) | 8.83 |
| MPts2 v = | $kv \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0,5)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts3 v = | $kv \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2/3) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0,5)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts v = | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | 8.83 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

8.2.2 SPINTE IN CONDIZIONI STATICHE

CONDIZIONE STATICA

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

| | | | SLE | STR/GEO |
|-----------|--|--------|-------|---------|
| St = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$ | (kN/m) | 30.09 | 40.62 |
| Sq perm = | $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sq acc = | $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$ | (kN/m) | 17.60 | 26.40 |

- Componente orizzontale condizione statica

| | | | | |
|------------|-------------------------------------|--------|-------|-------|
| Sth = | $St \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 27.63 | 37.30 |
| Sqh perm = | $Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sqh acc = | $Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 16.16 | 24.24 |

- Componente verticale condizione statica

| | | | | |
|------------|-------------------------------------|--------|-------|-------|
| Stv = | $St \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 11.92 | 16.09 |
| Sqv perm = | $Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sqv acc = | $Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 6.97 | 10.46 |

- Spinta passiva sul dente

| | | | | |
|------|---|--------|------|------|
| Sp = | $\frac{1}{2} \cdot g_1 \cdot H_d^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H_d^2 \cdot k_p + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2) \cdot H_d$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
|------|---|--------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | | SLE | STR/GEO |
|-------------|---|-----------|-------|---------|
| MSt1 = | $St \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | (kNm/m) | 33.16 | 44.76 |
| MSt2 = | $St \cdot B$ | (kNm/m) | 33.37 | 45.05 |
| MSq1 perm = | $Sq_h \text{ perm} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MSq1 acc = | $Sq_h \text{ acc} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) | 29.08 | 43.63 |
| MSq2 perm = | $Sq_v \text{ perm} \cdot B$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MSq2 acc = | $Sq_v \text{ acc} \cdot B$ | (kNm/m) | 19.52 | 29.27 |
| MSp = | $\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_p / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | | |
|----------|---|-----------|------|------|
| Mfext1 = | $m_p + m$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mfext2 = | $(f_p + f) \cdot (H_3 + H_2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mfext3 = | $(v_p + v) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |

| | | | | | | |
|---|---|-------------|------------------|-------------------------|-----------|------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A | FOGLIO 58 DI 125 |

8.2.3 SPINTE IN CONDIZIONI SISMICHE

CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica +

| | | SLE | STR/GEO |
|--|--------|-------|---------|
| Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) | 30.09 | 30.09 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ - Sst1 \text{ stat}$ | (kN/m) | 7.85 | 7.85 |
| Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$ | (kN/m) | 4.25 | 4.25 |

- Componente orizzontale condizione sismica +

| | | | |
|--|--------|-------|-------|
| Sst1h stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 27.63 | 27.63 |
| Sst1h sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 7.21 | 7.21 |
| Ssq1h perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1h acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 3.90 | 3.90 |

- Componente verticale condizione sismica +

| | | | |
|--|--------|-------|-------|
| Sst1v stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 11.92 | 11.92 |
| Sst1v sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 3.11 | 3.11 |
| Ssq1v perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1v acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 1.68 | 1.68 |

- 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 |
|--|--------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

| | | SLE | STR/GEO |
|---|-----------|-------|---------|
| MSst1 stat = $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$ | (kNm/m) | 33.16 | 33.16 |
| MSst1 sism = $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$ | (kNm/m) | 8.65 | 8.65 |
| MSst2 stat = $Sst1v \text{ stat} \cdot B$ | (kNm/m) | 33.37 | 33.37 |
| MSst2 sism = $Sst1v \text{ sism} \cdot B$ | (kNm/m) | 8.71 | 8.71 |
| MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$ | (kNm/m) | 7.03 | 7.03 |
| MSsq2 = $Ssq1v \cdot B$ | (kNm/m) | 4.72 | 4.72 |
| 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 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica -

| | | SLE | STR/GEO |
|---|--------|-------|---------|
| Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$ | (kN/m) | 30.09 | 30.09 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1 - k_v) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as}^- \cdot Sst1 \text{ stat}$ | (kN/m) | 5.27 | 5.27 |
| Ssq1 perm = $q_p \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}^-$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1 acc = $q_s \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}^-$ | (kN/m) | 4.33 | 4.33 |

- Componente orizzontale condizione sismica -

| | | | |
|--|--------|-------|-------|
| Sst1h stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 27.63 | 27.63 |
| Sst1h sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 4.84 | 4.84 |
| Ssq1h perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1h acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 3.97 | 3.97 |

- Componente verticale condizione sismica -

| | | | |
|--|--------|-------|-------|
| Sst1v stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 11.92 | 11.92 |
| Sst1v sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 2.09 | 2.09 |
| Ssq1v perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1v acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 1.71 | 1.71 |

- Spinta passiva sul dente

| | | | |
|--|--------|------|------|
| $Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1 - k_v) \cdot H_d^2 \cdot k_{ps}^- + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{-0.5} + \gamma_1 \cdot (1 - k_v) \cdot k_{ps}^- \cdot H_2) \cdot H_d$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
|--|--------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

| | | SLE | STR/GEO |
|---|---------|-------|---------|
| MSst1 stat = $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + h_d) / 3 - h_d)$ | (kNm/m) | 33.16 | 33.16 |
| MSst1 sism = $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | (kNm/m) | 5.81 | 5.81 |
| MSst2 stat = $Sst1v \text{ stat} \cdot B$ | (kNm/m) | 33.37 | 33.37 |
| MSst2 sism = $Sst1v \text{ sism} \cdot B$ | (kNm/m) | 5.85 | 5.85 |
| MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) | 7.15 | 7.15 |
| MSsq2 = $Ssq1v \cdot B$ | (kNm/m) | 4.80 | 4.80 |
| MSp = $\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_{ps}^+ / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1 \cdot k_{ps}^+ \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | |
|--|---------|--|------|
| Mfext1 = $mp + ms$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| Mfext2 = $(fp + fs) \cdot (H_3 + H_2)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| Mfext3 = $(vp + vs) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$ | (kNm/m) | | 0.00 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

8.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

8.3.1 VERIFICA IN CONDIZIONI STATICHE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv \text{ perm}} + S_{qv \text{ acc}} \quad 206.32 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f \quad 61.54 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg} \varphi_1' \quad 0.58 \quad (-)$$

$$\mathbf{F_s \text{ scorr.} \quad (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.94} \quad > \quad \mathbf{1.1}}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{\text{fext}3} \quad 279.50 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{\text{fext}1} + M_{\text{fext}2} + M_{Sp} \quad 14.06 \quad (\text{kNm/m})$$

$$\mathbf{F_s \text{ ribaltamento} \quad M_s / M_r \quad \mathbf{19.88} \quad > \quad \mathbf{1.15}}$$

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

| | | | | |
|--|---|--------|--------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| N = | $P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} (+ Sovr\ acc)$ | 206.32 | 260.32 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| T = | $S_{th} + S_{qh} + f - S_p$ | 61.54 | 61.54 | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| MM = | ΣM | 265.44 | 368.04 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| M = | $X_c * N - MM$ | 23.40 | -3.60 | (kNm/m) |

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

Fondazione Nastriforme

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

| | | | | |
|-------------------------|--------------------------------------|-------|-------|----------------------|
| c_1' | coesione terreno di fondaz. | 2.50 | | (kPa) |
| φ_1' | angolo di attrito terreno di fondaz. | 30.00 | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 19.00 | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma_d * H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 19.00 | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0.11 | -0.01 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 2.57 | 2.77 | (m) |

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

| | | | | |
|--|--------------------------|-------|--|-----|
| $N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi/2) * e^{(\pi * \text{tg}(\varphi))}$ | (1 in cond. nd) | 18.40 | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi)$ | ($2 + \pi$ in cond. nd) | 30.14 | | (-) |
| $N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\varphi')$ | (0 in cond. nd) | 22.40 | | (-) |

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

| | | | | |
|--|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B * c' * \cotg(\varphi)))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.51 | 0.60 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.49 | 0.49 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' * \cotg(\varphi)))^{m+1}$ | | 0.37 | 0.37 | (-) |

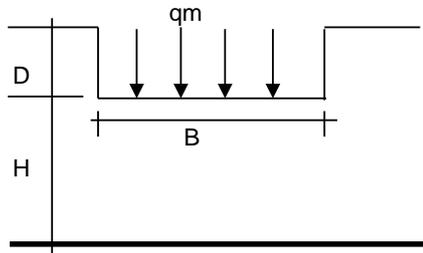
(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 418.23 | 448.90 | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | F = $q_{lim} * B^* / N$ | Nmin | 5.22 | > | 1.4 |
| | | Nmax | 4.78 | > | |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E \quad (\text{Christian e Carrier, 1976})$$

| | | |
|-------|--------|---------|
| N | 198.66 | (kN/m) |
| M | 7.98 | (kNm/m) |
| e=M/N | 0.04 | (m) |
| B* | 2.72 | (m) |

Profondità Piano di Posa della Fondazione

| | | |
|-------|------|-----|
| D = | 1.00 | (m) |
| D/B* | 0.37 | (m) |
| Hs/B* | 2.35 | (m) |

Carico unitario medio (qm)

$$q_m = N / (B - 2 * e) = N / B^* = 75.86 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0.944 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0.74 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E = 2.39 \quad (\text{mm})$$

8.3.2 VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} = 187.61 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} = 52.20 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg} \phi_1' = 0.58 \quad (-)$$

$$F_s = (N * f + S_p) / T$$

$$2.07 > 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} = 279.50 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} = 60.90 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r$$

$$4.59 > 1$$

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

| | | | | |
|--|---|--------|--------|-----------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| N = | Pm+ Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv + (Sovr acc) | 204.36 | 211.56 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| T = | Sst1h + Ssq1h + fp + fs +Ps h + Ptsh - Sp | 54.50 | | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| MM = | ΣM | 262.93 | 276.61 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| M = | Xc*N - MM | 23.18 | 19.58 | (kNm/m) |

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

Fondazione Nastriforme

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

| | | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|-------|------|----------------------|
| c1' | coesione terreno di fondaz. | 2.50 | | (kN/mq) |
| ϕ_1' | angolo di attrito terreno di fondaz. | 30.00 | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 19.00 | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma d'H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 19.00 | | (kN/m ²) |
| e = M / N | eccentricità | 0.11 | 0.09 | (m) |
| B* = B - 2e | larghezza equivalente | 2.57 | 2.61 | (m) |

I valori di Nc, Nq e Ng sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | |
|--|------------------------|-------|--|-----|
| $N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) * e^{(\pi * \text{tg}(\phi))}$ | (1 in cond. nd) | 18.40 | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$ | (2+ π in cond. nd) | 30.14 | | (-) |
| $N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\phi)$ | (0 in cond. nd) | 22.40 | | (-) |

I valori di ic, iq e i γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | |
|--|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B * c' \cot(\phi)))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.56 | 0.57 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.53 | 0.55 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' \cot(\phi)))^{m+1}$ | | 0.42 | 0.42 | (-) |

(fondazione nastriforme m = 2)

| | | | | |
|------------------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q _{lim} | (carico limite unitario) | 463.63 | 472.94 | (kN/m ²) |
|------------------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | F = q_{lim}*B* / N | Nmin | 5.84 | > | 1.2 |
| | | Nmax | 5.85 | > | |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

8.4 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DEL COMPLESSO OPERA DI SOSTEGNO – TERRENO

8.4.1 VERIFICA IN CONDIZIONI STATICHE

| | γ [kN/m ³] | ϕ [°] | c [kPa] | Descrizione |
|-------------|----------------------------------|---------------|--------------|-------------|
| materiale 1 | 19 | 35 | 0 | Rilevato |
| materiale 2 | 19 | 30 | 2.5 | Unità U1c |
| materiale 3 | | | | |
| materiale 4 | | | | |

azioni sismiche a_g/g 0.158 (-) S_s 1.46 k_h 0.0877 (-)

β_s 0.38 S_T 1 k_v 0.0438 (-)

x muro 100 (m) y muro 100 (m)

| p.c. valle | | p.c. monte | | superficie 1 | | superficie 2 | | superficie 3 | | falda | |
|-------------|---------|------------|---|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---|---------|--------|
| materiale 1 | | | | materiale 2 | | materiale 4 | | materiale 2 | | falda | |
| | x | y | | x | y | | x | y | | x | y |
| 0 | 100.000 | 101.000 | 0 | 101.000 | 103.600 | 0 | 50.000 | 100.000 | 0 | | |
| 1 | 50.000 | 101.000 | 1 | 150.000 | 103.600 | 1 | 150.000 | 100.000 | 1 | 50.000 | 80.000 |
| 2 | | | 2 | | | 2 | | | 2 | 150.000 | 80.000 |
| 3 | | | 3 | | | 3 | | | 3 | | |



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo muro di sostegno

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA5F | 01 | D 78 | FA0200 001 | A | 65 DI 125 |

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

| # Superfici Calcolate | FS Bishop |
|-----------------------|---------------|
| 1093 | STATICO 4.078 |
| | SISMICO 2.586 |

CALCOLO

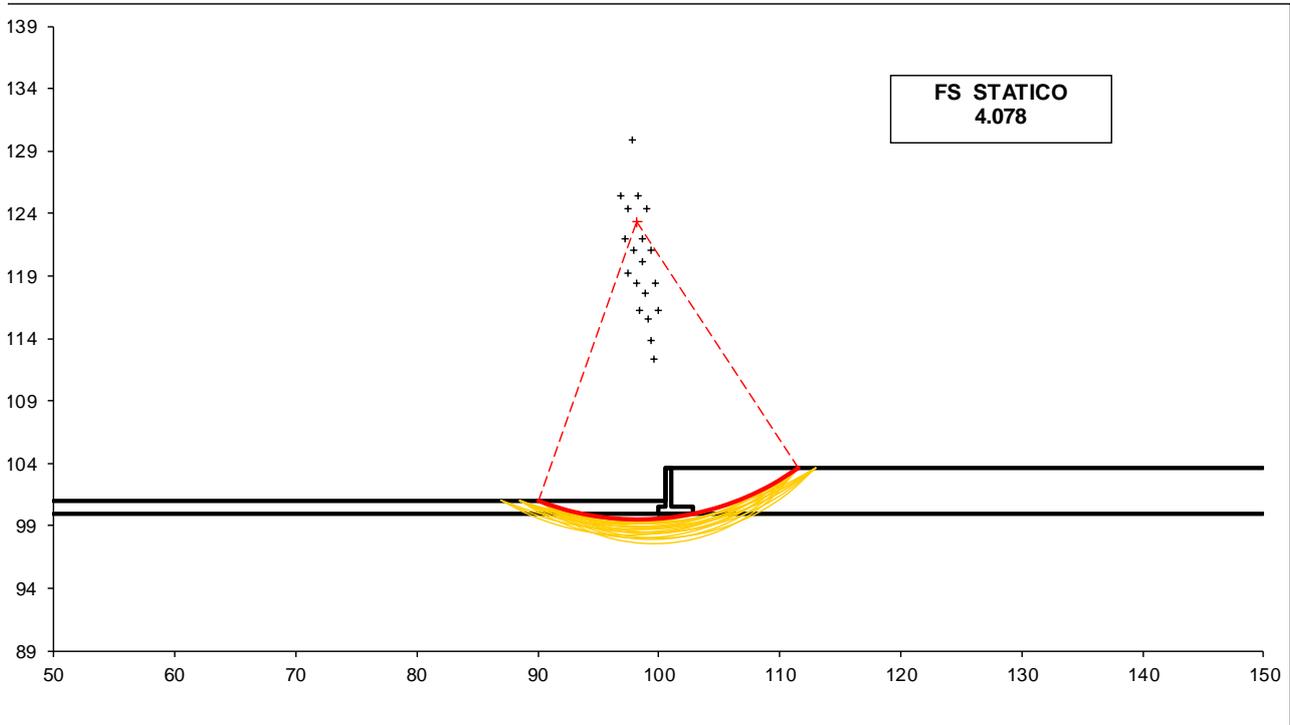
Condizione di Carico

STATICA

superfici da disegnare

20

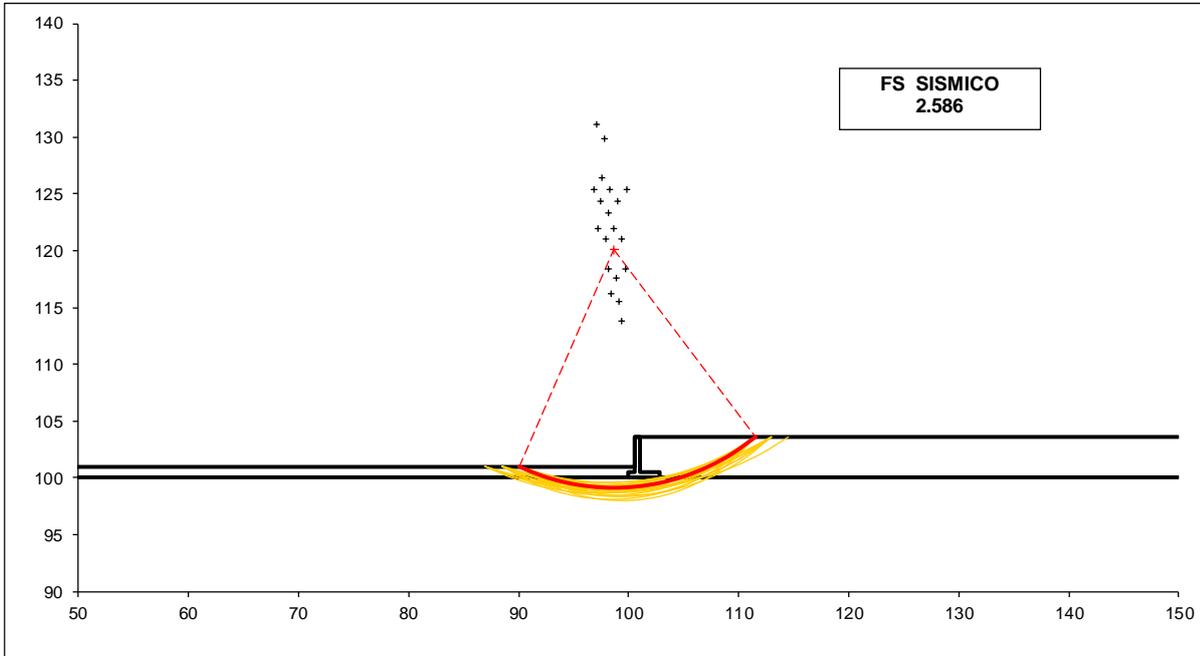
DISEGNO



4.708 > 1.1 VERIFICA SODDISFATTA

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

8.4.2 VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE



2.586 > 1.2 VERIFICA SODDISFATTA

8.5 VERIFICHE STRUTTURALI

8.5.1 CALCOLO SOLLECITAZIONI

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

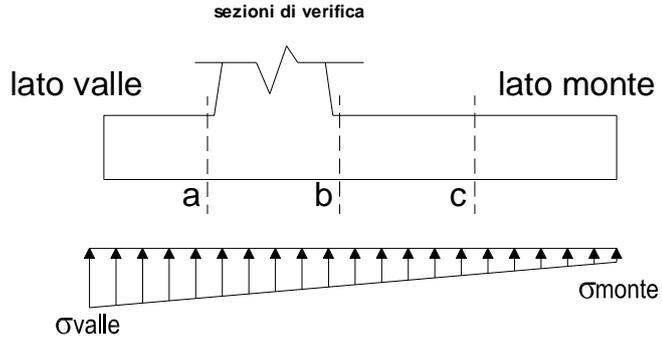
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 2.80 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 1.31 \text{ (m}^3\text{)}$$

| caso | N | M | σ_{valle} | σ_{monte} |
|---------|--------|--------|----------------------|----------------------|
| | [kN] | [kNm] | [kN/m ²] | [kN/m ²] |
| statico | 198.66 | 7.98 | 77.05 | 64.85 |
| | 234.66 | -10.02 | 76.13 | 91.48 |
| sisma+ | 210.20 | 38.80 | 104.77 | 45.38 |
| | 217.40 | 35.20 | 104.58 | 50.70 |
| sisma- | 185.16 | 40.62 | 97.21 | 35.04 |
| | 192.36 | 37.02 | 97.03 | 40.37 |



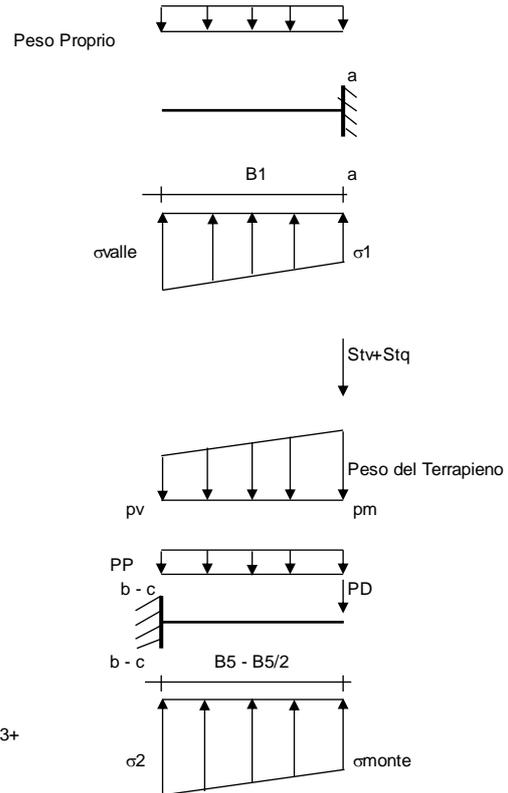
Mensola Lato Valle

$$\text{Peso Proprio. PP} = 12.50 \text{ (kN/m)}$$

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

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

| caso | σ_{valle} | σ_1 | M_a | V_a |
|---------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 77.05 | 74.87 | 7.98 | 31.73 |
| | 76.13 | 78.87 | 8.07 | 32.50 |
| sisma+ | 104.77 | 94.16 | 10.99 | 45.72 |
| | 104.58 | 94.96 | 11.11 | 45.63 |
| sisma- | 97.21 | 86.11 | 10.23 | 41.95 |
| | 97.03 | 86.91 | 10.14 | 41.85 |



Mensola Lato Monte

$$\text{PP} = 12.50 \text{ (kN/m)} \quad \text{peso proprio soletta fondazione}$$

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

| | Nmin | N max stat | N max sism | |
|-----|-------|------------|------------|----------------------|
| pm | 58.90 | 78.90 | 62.90 | (kN/m ²) |
| pvb | 58.90 | 78.90 | 62.90 | (kN/m ²) |
| pvc | 58.90 | 78.90 | 62.90 | (kN/m ²) |

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

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

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2)^2 / 3 +$$

$$-(Stv + Sqv) \cdot (B5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

$$V_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot B + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B5 / 2 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B5 / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2) + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2) - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2) - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

| caso | σ_{monte} | σ_2 | M_b | V_b | σ_2 | M_c | V_c |
|---------|----------------------|----------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 64.85 | 72.69 | -40.38 | -23.62 | 68.77 | -19.12 | -23.02 |
| | 91.48 | 81.61 | -39.20 | -27.62 | 86.55 | -17.63 | -21.04 |
| sisma+ | 45.38 | 83.56 | -62.65 | -39.54 | 64.47 | -26.61 | -37.67 |
| | 50.70 | 85.34 | -62.84 | -40.82 | 68.02 | -26.42 | -37.51 |
| sisma- | 35.04 | 75.01 | -60.69 | -38.23 | 55.03 | -25.61 | -36.71 |
| | 40.37 | 76.79 | -60.02 | -38.56 | 58.58 | -25.21 | -36.08 |

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

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

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

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

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

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

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

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

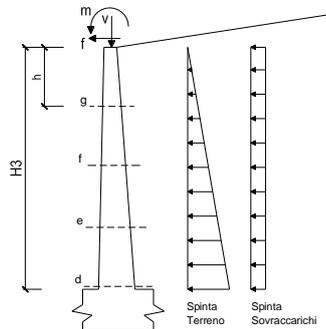
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

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

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

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

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



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 | 3.10 | 21.17 | 21.57 | 0.00 | 42.74 | 0.00 | 38.75 | 38.75 |
| e-e | 2.33 | 8.93 | 12.13 | 0.00 | 21.06 | 0.00 | 29.06 | 29.06 |
| f-f | 1.55 | 2.65 | 5.39 | 0.00 | 8.04 | 0.00 | 19.38 | 19.38 |
| g-g | 0.78 | 0.33 | 1.35 | 0.00 | 1.68 | 0.00 | 9.69 | 9.69 |

| sezione | h | Vt | Vq | V _{ext} | V _{tot} |
|---------|------|--------|--------|------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 3.10 | 20.49 | 13.91 | 0.00 | 34.40 |
| e-e | 2.33 | 11.52 | 10.44 | 0.00 | 21.96 |
| f-f | 1.55 | 5.12 | 6.96 | 0.00 | 12.08 |
| g-g | 0.78 | 1.28 | 3.48 | 0.00 | 4.76 |

condizione sismica +

| sezione | h | M _{t stat} | M _{t sism} | Mq | 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 | 3.10 | 21.17 | 9.39 | 5.70 | 0.00 | 7.90 | 44.15 | 0.00 | 41.30 | 41.30 |
| e-e | 2.33 | 8.93 | 3.96 | 3.20 | 0.00 | 4.44 | 20.54 | 0.00 | 30.97 | 30.97 |
| f-f | 1.55 | 2.65 | 1.17 | 1.42 | 0.00 | 1.97 | 7.22 | 0.00 | 20.65 | 20.65 |
| g-g | 0.78 | 0.33 | 0.15 | 0.36 | 0.00 | 0.49 | 1.33 | 0.00 | 10.32 | 10.32 |

| sezione | h | V _{t stat} | V _{t sism} | Vq | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|--------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 3.10 | 20.49 | 9.09 | 3.67 | 0.00 | 5.10 | 38.34 |
| e-e | 2.33 | 11.52 | 5.11 | 2.76 | 0.00 | 3.82 | 23.21 |
| f-f | 1.55 | 5.12 | 2.27 | 1.84 | 0.00 | 2.55 | 11.78 |
| g-g | 0.78 | 1.28 | 0.57 | 0.92 | 0.00 | 1.27 | 4.04 |

condizione sismica -

| sezione | h | M _{t stat} | M _{t sism} | Mq | 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 | 3.10 | 21.17 | 6.53 | 5.92 | 0.00 | 7.90 | 41.52 | 0.00 | 36.20 | 36.20 |
| e-e | 2.33 | 8.93 | 2.75 | 3.33 | 0.00 | 4.44 | 19.46 | 0.00 | 27.15 | 27.15 |
| f-f | 1.55 | 2.65 | 0.82 | 1.48 | 0.00 | 1.97 | 6.92 | 0.00 | 18.10 | 18.10 |
| g-g | 0.78 | 0.33 | 0.10 | 0.37 | 0.00 | 0.49 | 1.30 | 0.00 | 9.05 | 9.05 |

| sezione | h | V _{t stat} | V _{t sism} | Vq | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|--------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 3.10 | 20.49 | 6.32 | 3.82 | 0.00 | 5.10 | 35.72 |
| e-e | 2.33 | 11.52 | 3.55 | 2.87 | 0.00 | 3.82 | 21.76 |
| f-f | 1.55 | 5.12 | 1.58 | 1.91 | 0.00 | 2.55 | 11.16 |
| g-g | 0.78 | 1.28 | 0.39 | 0.96 | 0.00 | 1.27 | 3.90 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

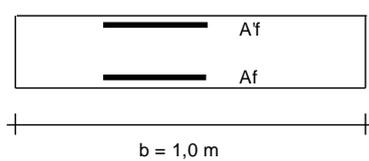
8.5.2 VERIFICHE SLU

Si dispone un'armatura principale, sia nel paramento verticale che nella soletta di fondazione, costituita da $\phi 24/20$ e un'armatura di ripartizione costituita da $\phi 12/25$. Il copriferro di calcolo è pari a 4 mm.

ARMATURE

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

VERIFICHE



| | |
|-----|---------------|
| a-a | pos 1-2-3-4 |
| b-b | pos 1-2-3-4 |
| c-c | pos 1-4 |
| d-d | pos 5-6-7-8-9 |
| e-e | pos 5-6-7-8-9 |
| f-f | pos 5-7-8 |
| g-g | pos 5-7 |

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | Mu |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|--------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (kNm) |
| a - a | 11.11 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 260.55 |
| b - b | -62.84 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 260.55 |
| c - c | -26.61 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 260.55 |
| d - d | 44.15 | 41.30 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 268.69 |
| e - e | 21.06 | 29.06 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 266.28 |
| f - f | 8.04 | 19.38 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 264.37 |
| g - g | 1.68 | 9.69 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 262.46 |

(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 | 45.72 | 0.50 | 199.72 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 |
| b - b | 40.82 | 0.50 | 199.72 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 |
| c - c | 37.67 | 0.50 | 199.72 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 |
| d - d | 38.34 | 0.50 | 205.21 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 |
| e - e | 23.21 | 0.50 | 203.58 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 |
| f - f | 12.08 | 0.50 | 202.29 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 |
| g - g | 4.76 | 0.50 | 201.01 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 |

VERIFICATO

8.5.3 VERIFICHE SLE

VERIFICA DI TENSIONI DI ESERCIZIO

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

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 | 8.07 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.29 | 12.78 |
| b - b | -40.38 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 1.47 | 63.96 |
| c - c | -19.12 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.70 | 30.29 |
| d - d | 42.74 | 38.75 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 1.59 | 55.92 |
| e - e | 21.06 | 29.06 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.79 | 24.64 |
| f - f | 8.04 | 19.38 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.30 | 7.10 |
| g - g | 1.68 | 9.69 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.06 | 0.38 |

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 | 11.01 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.40 | 17.44 |
| b - b | -62.84 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 2.28 | 99.54 |
| c - c | -26.61 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.97 | 42.16 |
| d - d | 44.15 | 36.20 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 1.64 | 58.91 |
| e - e | 20.54 | 27.15 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.77 | 24.37 |
| f - f | 7.22 | 18.10 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.27 | 6.19 |
| g - g | 1.33 | 9.05 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.05 | 0.17 |

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

VERIFICA DI APERTURA DELLE FESSURE

condizione Frequente

| Sez. | M | N | h | A _f | 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 | 8.07 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.29 | 12.78 | 0.016 | 0.200 |
| b - b | -40.38 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 1.47 | 63.96 | 0.080 | 0.200 |
| c - c | -19.12 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.70 | 30.29 | 0.038 | 0.200 |
| d - d | 42.74 | 38.75 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 1.59 | 55.92 | 0.068 | 0.200 |
| e - e | 21.06 | 29.06 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.79 | 24.64 | 0.029 | 0.200 |
| f - f | 8.04 | 19.38 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.30 | 7.10 | 0.008 | 0.200 |
| g - g | 1.68 | 9.69 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.06 | 0.38 | 0.000 | 0.200 |

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

condizione Quasi Permanente

| Sez. | M | N | h | A _f | 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 | 6.04 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.22 | 9.56 | 0.012 | 0.200 |
| b - b | -18.17 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.66 | 28.79 | 0.036 | 0.200 |
| c - c | -9.15 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.33 | 14.50 | 0.018 | 0.200 |
| d - d | 21.17 | 38.75 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.79 | 22.05 | 0.026 | 0.200 |
| e - e | 8.93 | 29.06 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.33 | 6.01 | 0.006 | 0.200 |
| f - f | 2.65 | 19.38 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.09 | 0.24 | 0.000 | 0.200 |
| g - g | 0.33 | 9.69 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.00 | - | - | 0.200 |

sez. compressa

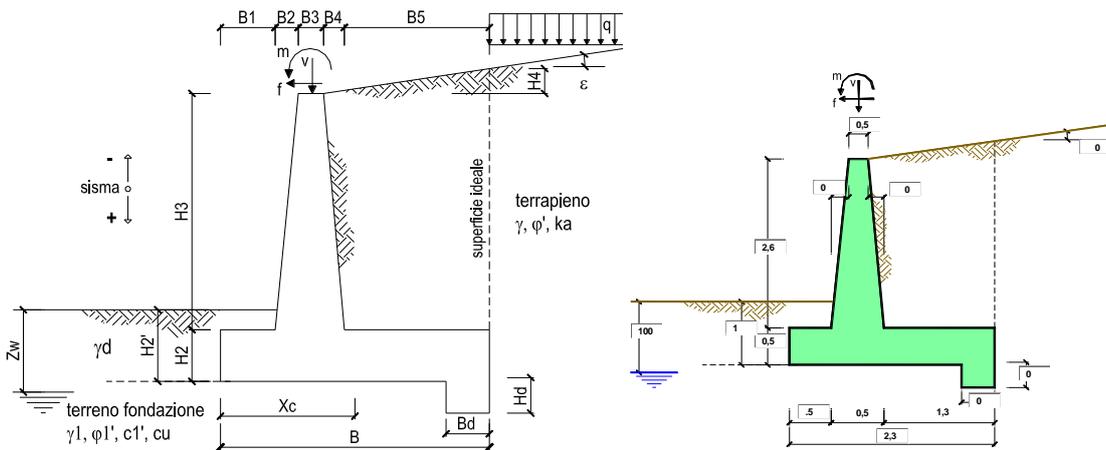
(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

VERIFICATO

9 ANALISI E VERIFICA MURO TIPO 4

9.1 INPUT

Le caratteristiche geometriche sono riportate sinteticamente nel seguente schema:



Geometria del Muro

| | | | |
|----------------------------|------|------|-----|
| Elevazione | H3 = | 2.60 | (m) |
| Aggetto Valle | B2 = | 0.00 | (m) |
| Spessore del Muro in Testa | B3 = | 0.50 | (m) |
| Aggetto monte | B4 = | 0.00 | (m) |

Geometria della Fondazione

| | | | |
|----------------------|------|------|-----|
| Larghezza Fondazione | B = | 2.30 | (m) |
| Spessore Fondazione | H2 = | 0.50 | (m) |
| Suola Lato Valle | B1 = | 0.50 | (m) |
| Suola Lato Monte | B5 = | 1.30 | (m) |
| Altezza dente | Hd = | 0.00 | (m) |
| Larghezza dente | Bd = | 0.00 | (m) |
| Mezzeria Sezione | Xc = | 1.15 | (m) |

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

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

| | | | | valori caratteristici SLE | valori di progetto STR/GEO |
|-------------------------|--|--|------------|------------------------------|-------------------------------|
| Dati Geotecnici | | | | | |
| Dati Terrapieno | Angolo di attrito del terrapieno | (°) | ϕ' | 35.00 | 35.00 |
| | Peso Unità di Volume del terrapieno | (kN/m ³) | γ | 19.00 | 19.00 |
| | Angolo di attrito terreno-superficie ideale | (°) | δ | 23.33 | 23.33 |
| Dati Terreno Fondazione | Condizioni | <input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate | | | |
| | Coesione Terreno di Fondazione | (kPa) | $c1'$ | 2.50 | 2.50 |
| | Angolo di attrito del Terreno di Fondazione | (°) | $\phi1'$ | 30.00 | 30.00 |
| | Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione | (kN/m ³) | $\gamma1$ | 19.00 | 19.00 |
| | Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione | (kN/m ³) | γd | 19.00 | 19.00 |
| | Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) | (m) | Hs | 6.40 | |
| | Modulo di deformazione | (kN/m ²) | E | 60000 | |
| Dati Sismici | Accelerazione sismica | | a_g/g | 0.158 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Stratigrafico | | S_s | 1.46 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Topografico | | S_T | 1 | (-) |
| | Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima | | β_s | 0.38 | (-) |
| | Coefficiente sismico orizzontale | | kh | 0.0876584 | (-) |
| | Coefficiente sismico verticale | | kv | 0.0438 | (-) |
| | Muro libero di traslare o ruotare | <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no | | | |

| | | SLE | STR/GEO |
|------------------------|--|------|---------|
| Coefficienti di Spinta | Coeff. di Spinta Attiva Statico | ka | 0.244 |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma + | kas+ | 0.295 |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma - | kas- | 0.300 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva | kp | 3.000 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma + | kps+ | 2.851 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma - | kps- | 2.837 |

| | | | | valori caratteristici SLE - sisma | valori di progetto | |
|---------------------|---|--|-------|--------------------------------------|--------------------|-------|
| | | | | | STR/GEO | EQU |
| Carichi permanenti | Sovraccarico permanente | (kN/m ²) | q_p | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Sovraccarico su zattera di monte | <input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no | | | | |
| | Forza Orizzontale in Testa permanente | (kN/m) | f_p | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Forza Verticale in Testa permanente | (kN/m) | v_p | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Momento in Testa permanente | (kNm/m) | m_p | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Condizioni Statiche | Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche | (kN/m ²) | q | 20.00 | 30.00 | 30.00 |
| | 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 $\Psi1$ | 1.00 | condizione quasi permanente $\Psi2$ | 0.00 | 0.00 |
| Condizioni Sismiche | Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche | (kN/m ²) | q_s | 4.00 | | |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kN/m) | f_s | 0.00 | | |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kN/m) | v_s | 0.00 | | |
| | Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kNm/m) | m_s | 0.00 | | |

Non essendoci carichi permanenti applicati $q_p=0$, però essendo in prossimità di un piazzale è stato inserito un carico variabile di 20kN/m² in condizioni statiche e di 4 kPa (20% di 20 kPa) in condizioni sismiche.

Si riporta di seguito una tabella rappresentante i coefficienti parziali di sicurezza per le condizioni statiche nella prima colonna e i coefficienti parziali di sicurezza per le condizioni sismiche nella seconda colonna.

| Carichi | Effetto | Coeff. Parziale | altro | altro |
|------------|-------------|-----------------|-------|-------|
| | | | altro | altro |
| Permanenti | favorevole | γ_G | 1.00 | 1.00 |
| | sfavorevole | | 1.35 | 1.00 |
| Variabili | favorevole | γ_Q | 0.00 | 0.00 |
| | sfavorevole | | 1.50 | 1.00 |

| Parametro | | altro | altro |
|------------------------|----------------|-------|-------|
| angolo d'attrito | $\tan \phi'_k$ | 1.00 | 1.00 |
| coesione | c'_k | 1.00 | 1.00 |
| resistenza non drenata | c_{uk} | 1.00 | 1.00 |
| peso unità di volume | γ | 1.00 | 1.00 |

| Verifica | Coeff. Parziale | altro | altro |
|------------------------------|-----------------|-------|-------|
| | | altro | altro |
| Capacità portante fondazione | γ_R | 1.40 | 1.20 |
| Scorrimento | | 1.10 | 1.00 |
| Ribaltamento | | 1.15 | 1.00 |

9.2 AZIONI

9.2.1 FORZE VERTICALI E FORZE INERZIALI

FORZE VERTICALI

| | | SLE | STR/GEO |
|--|---|--------|---------|
| - Peso del Muro (Pm) | | | |
| Pm1 = | $(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) | 0.00 |
| Pm2 = | $(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 32.50 |
| Pm3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) | 0.00 |
| Pm4 = | $(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 28.75 |
| Pm5 = | $(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 0.00 |
| Pm = | $Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$ | (kN/m) | 61.25 |
| - Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt) | | | |
| Pt1 = | $(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$ | (kN/m) | 64.22 |
| Pt2 = | $(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$ | (kN/m) | 0.00 |
| Pt3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$ | (kN/m) | 0.00 |
| Sovr = | $q_p \cdot (B4+B5)$ | (kN/m) | 0.00 |
| Pt = | $Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr$ | (kN/m) | 64.22 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B4+B5)$ | (kN/m) | 26 |
| Sovr acc. Sism | $q_s \cdot (B4+B5)$ | (kN/m) | 5.2 |

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

| | | SLE | STR/GEO |
|---|---|---------|---------|
| - Muro (Mm) | | | |
| Mm1 = | $Pm1 \cdot (B1+2/3 \cdot B2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mm2 = | $Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$ | (kNm/m) | 24.38 |
| Mm3 = | $Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 \cdot B4)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mm4 = | $Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | 33.06 |
| Mm5 = | $Pm5 \cdot (B - Bd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mm = | $Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$ | (kNm/m) | 57.44 |
| - Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro | | | |
| Mt1 = | $Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$ | (kNm/m) | 105.96 |
| Mt2 = | $Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mt3 = | $Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Msovr = | $Sovr \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mt = | $Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr$ | (kNm/m) | 105.96 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$ | (kNm/m) | 42.9 |
| Sovr acc. Sism | $q_s \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$ | (kNm/m) | 8.58 |

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

| | | | |
|--|--|---------|-------|
| - Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps) | | | |
| Ps h = | $Pm \cdot kh$ | (kN/m) | 5.37 |
| Ps v = | $Pm \cdot kv$ | (kN/m) | 2.68 |
| - Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts) | | | |
| Ptsh = | $Pt \cdot kh$ | (kN/m) | 5.63 |
| Ptsh = | $Pt \cdot kv$ | (kN/m) | 2.81 |
| - Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h) | | | |
| MPs1 h = | $kh \cdot Pm1 \cdot (H2+H3/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs2 h = | $kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | 5.13 |
| MPs3 h = | $kh \cdot Pm3 \cdot (H2+H3/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs4 h = | $kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$ | (kNm/m) | 0.63 |
| MPs5 h = | $-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs h = | $MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5$ | (kNm/m) | 5.76 |
| - 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 |
| MPs2 v = | $kv \cdot Pm2 \cdot (B1+B2+B3/2)$ | (kNm/m) | 1.07 |
| MPs3 v = | $kv \cdot Pm3 \cdot (B1+B2+B3+B4/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs4 v = | $kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | 1.45 |
| MPs5 v = | $kv \cdot Pm5 \cdot (B-Bd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs v = | $MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5$ | (kNm/m) | 2.52 |
| - Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h) | | | |
| MPts1 h = | $kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | 10.13 |
| MPts2 h = | $kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts3 h = | $kh \cdot Pt3 \cdot (H2+H3 \cdot 2/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts h = | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | 10.13 |
| - 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) | 4.64 |
| MPts2 v = | $kv \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0,5$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts3 v = | $kv \cdot Pt3 \cdot (H2+H3 \cdot 2/3) - (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4) \cdot 0,5$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts v = | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | 4.64 |

| | | | | | | |
|---|---|-------------|------------------|-------------------------|-----------|------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A | FOGLIO 76 DI 125 |

9.2.2 SPINTE IN CONDIZIONI STATICHE

CONDIZIONE STATICA

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

| | | | SLE | STR/GEO |
|-----------|--|--------|-------|---------|
| St = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$ | (kN/m) | 22.31 | 30.12 |
| Sq perm = | $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sq acc = | $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$ | (kN/m) | 15.15 | 22.73 |

- Componente orizzontale condizione statica

| | | | | |
|------------|-------------------------------------|--------|-------|-------|
| Sth = | $St \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 20.49 | 27.66 |
| Sqh perm = | $Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sqh acc = | $Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 13.91 | 20.87 |

- Componente verticale condizione statica

| | | | | |
|------------|-------------------------------------|--------|------|-------|
| Stv = | $St \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 8.84 | 11.93 |
| Sqv perm = | $Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sqv acc = | $Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 6.00 | 9.00 |

- Spinta passiva sul dente

| | | | | |
|------|---|--------|------|------|
| Sp = | $\frac{1}{2} \cdot g_1 \cdot H_d^2 + \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H_d^2 \cdot k_p + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2) \cdot H_d$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
|------|---|--------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | | SLE | STR/GEO |
|-------------|---|-----------|-------|---------|
| MSt1 = | $St \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | (kNm/m) | 21.17 | 28.58 |
| MSt2 = | $St \cdot B$ | (kNm/m) | 20.33 | 27.44 |
| MSq1 perm = | $Sq \text{ h perm} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MSq1 acc = | $Sq \text{ h acc} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) | 21.57 | 32.35 |
| MSq2 perm = | $Sq \text{ v perm} \cdot B$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MSq2 acc = | $Sq \text{ v acc} \cdot B$ | (kNm/m) | 13.80 | 20.71 |
| MSp = | $\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_p / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | | |
|----------|---|-----------|------|------|
| Mfext1 = | $m_p + m$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mfext2 = | $(f_p + f) \cdot (H_3 + H_2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mfext3 = | $(v_p + v) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |

| | | | | | | |
|---|---|-------------|------------------|-------------------------|-----------|------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A | FOGLIO 77 DI 125 |

9.2.3 SPINTE IN CONDIZIONI SISMICHE

CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica +

| | | SLE | STR/GEO |
|---|--------|-------|---------|
| Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) | 22.31 | 22.31 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ - Sst1\ stat$ | (kN/m) | 5.82 | 5.82 |
| Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$ | (kN/m) | 3.66 | 3.66 |

- Componente orizzontale condizione sismica +

| | | | |
|---|--------|-------|-------|
| Sst1h stat = $Sst1\ stat \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 20.49 | 20.49 |
| Sst1h sism = $Sst1\ sism \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 5.35 | 5.35 |
| Ssq1h perm = $Ssq1\ perm \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1h acc = $Ssq1\ acc \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 3.36 | 3.36 |

- Componente verticale condizione sismica +

| | | | |
|---|--------|------|------|
| Sst1v stat = $Sst1\ stat \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 8.84 | 8.84 |
| Sst1v sism = $Sst1\ sism \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 2.31 | 2.31 |
| Ssq1v perm = $Ssq1\ perm \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1v acc = $Ssq1\ acc \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 1.45 | 1.45 |

- 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 |
|--|--------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

| | | SLE | STR/GEO |
|---|-----------|-------|---------|
| MSst1 stat = $Sst1h\ stat \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$ | (kNm/m) | 21.17 | 21.17 |
| MSst1 sism = $Sst1h\ sism \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$ | (kNm/m) | 5.53 | 5.53 |
| MSst2 stat = $Sst1v\ stat \cdot B$ | (kNm/m) | 20.33 | 20.33 |
| MSst2 sism = $Sst1v\ sism \cdot B$ | (kNm/m) | 5.30 | 5.30 |
| MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$ | (kNm/m) | 5.21 | 5.21 |
| MSsq2 = $Ssq1v \cdot B$ | (kNm/m) | 3.34 | 3.34 |
| 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 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

| | | | | | | |
|---|---|-------------|------------------|-------------------------|-----------|------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A | FOGLIO 78 DI 125 |

CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica -

| | | SLE | STR/GEO |
|---|--------|-------|---------|
| Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) | 22.31 | 22.31 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^- \cdot Sst1 \text{ stat}$ | (kN/m) | 3.91 | 3.91 |
| Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$ | (kN/m) | 3.73 | 3.73 |

- Componente orizzontale condizione sismica -

| | | | |
|--|--------|-------|-------|
| Sst1h stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 20.49 | 20.49 |
| Sst1h sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 3.59 | 3.59 |
| Ssq1h perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1h acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 3.42 | 3.42 |

- Componente verticale condizione sismica -

| | | | |
|--|--------|------|------|
| Sst1v stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 8.84 | 8.84 |
| Sst1v sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 1.55 | 1.55 |
| Ssq1v perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1v acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 1.48 | 1.48 |

- 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 |
|--|--------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

| | | SLE | STR/GEO |
|---|-----------|-------|---------|
| MSst1 stat = $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$ | (kNm/m) | 21.17 | 21.17 |
| MSst1 sism = $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$ | (kNm/m) | 3.71 | 3.71 |
| MSst2 stat = $Sst1v \text{ stat} \cdot B$ | (kNm/m) | 20.33 | 20.33 |
| MSst2 sism = $Sst1v \text{ sism} \cdot B$ | (kNm/m) | 3.56 | 3.56 |
| MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$ | (kNm/m) | 5.30 | 5.30 |
| MSsq2 = $Ssq1v \cdot B$ | (kNm/m) | 3.39 | 3.39 |
| 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 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

9.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

9.3.1 VERIFICA IN CONDIZIONI STATICHE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv\text{ perm}} + S_{qv\text{ acc}} \quad 146.40 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f \quad 48.53 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\phi' \quad 0.58 \quad (-)$$

$$\mathbf{F_s \text{ scorr.} \quad (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.74} \quad > \quad \mathbf{1.1}}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{\text{fext}3} \quad 163.40 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{\text{fext}1} + M_{\text{fext}2} + M_{Sp} \quad 8.61 \quad (\text{kNm/m})$$

$$\mathbf{F_s \text{ ribaltamento} \quad M_s / M_r \quad \mathbf{18.99} \quad > \quad \mathbf{1}}$$

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

| | | | | |
|--|--|--------|--------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| $N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} (+ Sovr\ acc)$ | | 146.40 | 185.40 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| $T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p$ | | 48.53 | 48.53 | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| $MM = \sum M$ | | 150.62 | 214.97 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| $M = X_c \cdot N - MM$ | | 17.75 | -1.75 | (kNm/m) |

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

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. | 2.50 | | (kPa) |
| ϕ_1' | angolo di attrito terreno di fondaz. | 30.00 | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 19.00 | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma \cdot H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 19.00 | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0.12 | -0.01 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 2.06 | 2.28 | (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) | 18.40 | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$ | ($2 + \pi$ in cond. nd) | 30.14 | | (-) |
| $N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi')$ | (0 in cond. nd) | 22.40 | | (-) |

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) | 0.47 | 0.56 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.44 | 0.44 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cotg(\phi)))^{m+1}$ | | 0.32 | 0.33 | (-) |

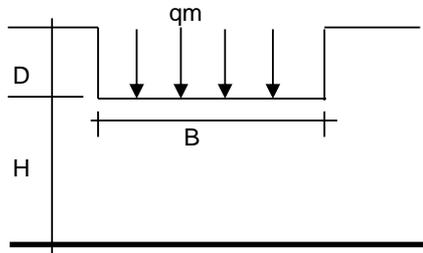
(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 340.91 | 374.29 | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} \cdot B^* / N$ | Nmin | 4.79 | > | 1.4 |
| | | Nmax | 4.61 | > | |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E \quad (\text{Christian e Carrier, 1976})$$

| | | |
|-------|--------|---------|
| N | 140.31 | (kN/m) |
| M | 6.56 | (kNm/m) |
| e=M/N | 0.05 | (m) |
| B* | 2.21 | (m) |

Profondità Piano di Posa della Fondazione

| | | |
|-------|------|-----|
| D = | 1.00 | (m) |
| D/B* | 0.45 | (m) |
| Hs/B* | 2.90 | (m) |

Carico unitario medio (qm)

$$q_m = N / (B - 2 * e) = N / B^* = 66.35 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0.940 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0.83 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E = 1.90 \quad (\text{mm})$$

9.3.2 VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} = 131.83 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} = 38.50 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg} \varphi_1' = 0.58 \quad (-)$$

$$F_s = (N * f + S_p) / T = 1.98 > 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} = 163.40 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} = 37.79 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r = 4.32 > 1$$

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

| | | | | |
|--|---|--------|--------|-----------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| N = | Pm+ Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv + (Sovr acc) | 143.56 | 148.76 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| T = | Sst1h + Ssq1h + fp + fs +Ps h + Ptsh - Sp | 40.20 | | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| MM = | ΣM | 151.73 | 160.31 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| M = | Xc*N - MM | 13.37 | 10.77 | (kNm/m) |

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

Fondazione Nastriforme

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

| | | | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------|------|----------------------|
| c1' | coesione terreno di fondaz. | 2.50 | | (kN/mq) |
| φ1' | angolo di attrito terreno di fondaz. | 30.00 | | (°) |
| γ1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 19.00 | | (kN/m ³) |
| q ₀ = γd'H ² | sovraccarico stabilizzante | 19.00 | | (kN/m ²) |
| e = M / N | eccentricità | 0.09 | 0.07 | (m) |
| B* = B - 2e | larghezza equivalente | 2.11 | 2.16 | (m) |

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

| | | | | |
|--|-------------------|-------|--|-----|
| N _q = tg ² (45 + φ/2) * e ^{(π*tg(φ))} | (1 in cond. nd) | 18.40 | | (-) |
| N _c = (N _q - 1)/tg(φ) | (2+π in cond. nd) | 30.14 | | (-) |
| N _γ = 2*(N _q + 1)*tg(φ) | (0 in cond. nd) | 22.40 | | (-) |

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*c'cotgφ)) ^m | (1 in cond. nd) | 0.54 | 0.56 | (-) |
| i _c = i _q - (1 - i _q)/(N _q - 1) | | 0.52 | 0.53 | (-) |
| i _γ = (1 - T/(N + B*c'cotgφ)) ^{m+1} | | 0.40 | 0.40 | (-) |

(fondazione nastriforme m = 2)

| | | | | |
|------------------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q _{lim} | (carico limite unitario) | 408.66 | 418.12 | (kN/m ²) |
|------------------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | F = q_{lim}*B*/ N | Nmin | 6.02 | > | 1.2 |
| | | Nmax | 6.06 | > | |



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo muro di sostegno

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA5F | 01 | D 78 | FA0200 001 | A | 84 DI 125 |

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

| # Superfici Calcolate | FS Bishop | |
|-----------------------|-----------|-------|
| 1100 | STATICO | 4.973 |
| | SISMICO | 2.906 |

CALCOLO

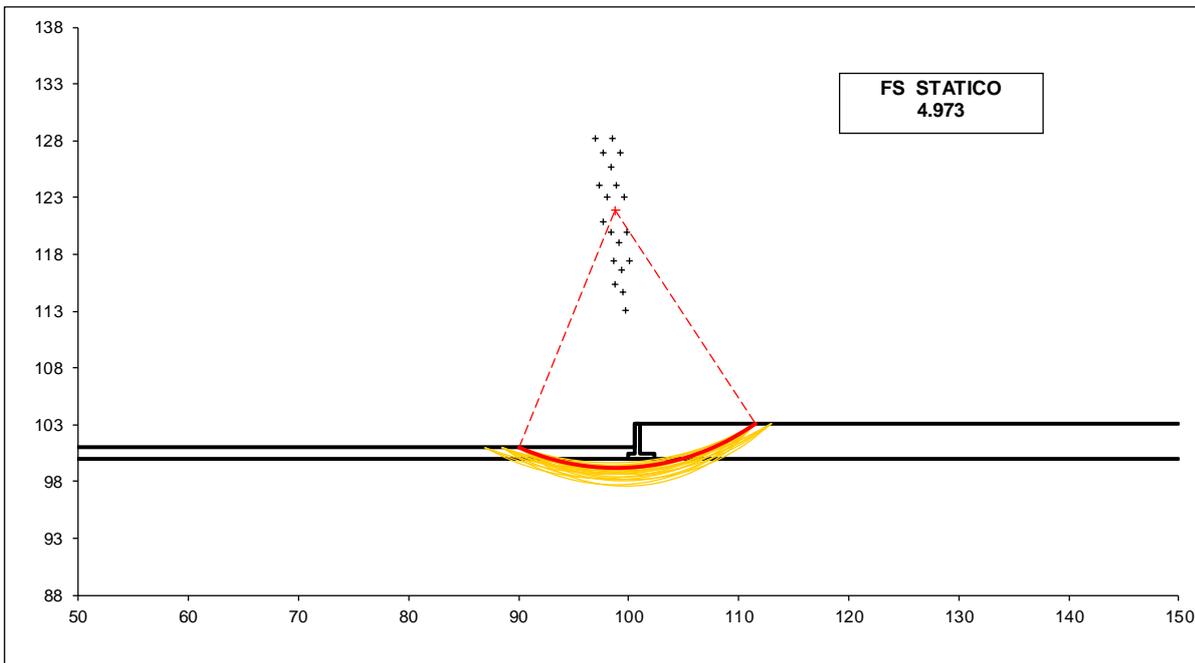
Condizione di Carico

STATICA

superfici da disegnare

20

DISEGNO



4.973 > 1.1 VERIFICA SODDISFATTA

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------------------------|-----------|------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA DOCUMENTO D 78 FA0200 001 | REV. A | FOGLIO 85 DI 125 |

9.4.2 VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE

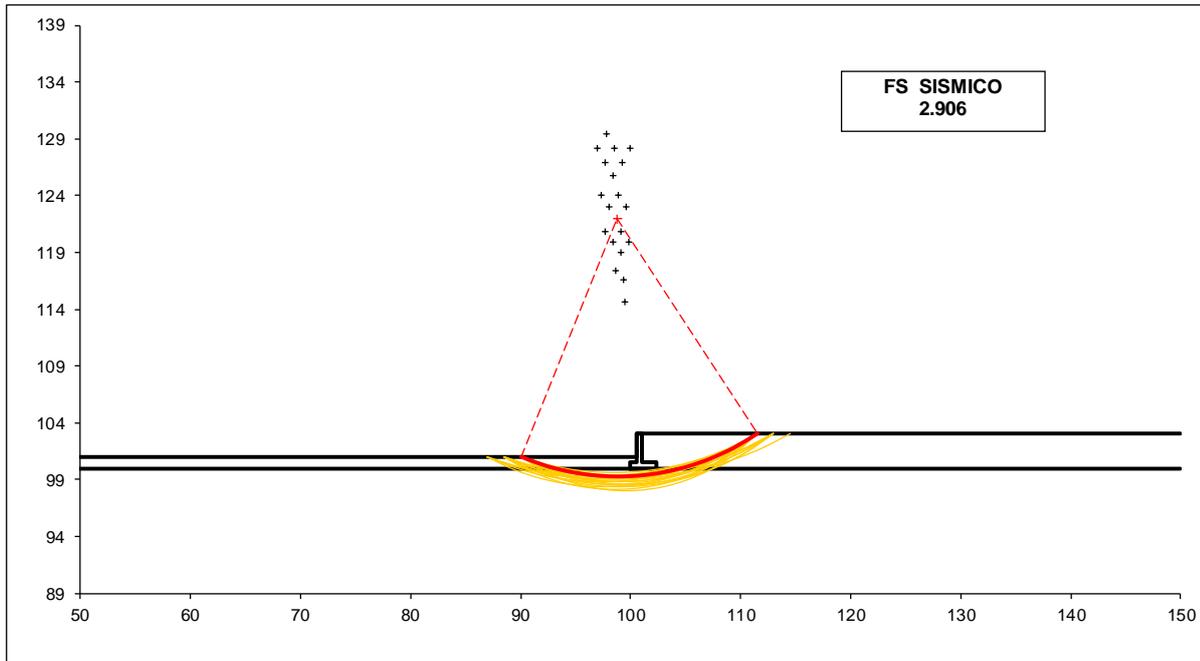
Condizione di Carico

SISMICA ▼

superfici da disegnare

20 ▼

DISEGNO



2.906 > 1.2 VERIFICA SODDISFATTA

9.5 VERIFICHE STRUTTURALI

9.5.1 CALCOLO SOLLECITAZIONI

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

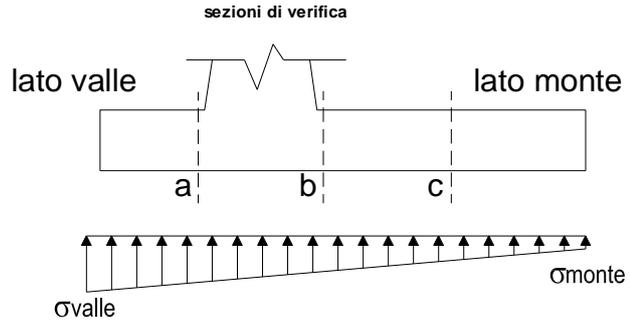
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 2.30 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 0.88 \text{ (m}^3\text{)}$$

| caso | N | M | σ_{valle} | σ_{monte} |
|---------|--------|-------|----------------------|----------------------|
| | [kN] | [kNm] | [kN/m ²] | [kN/m ²] |
| statico | 146.40 | 17.75 | 83.78 | 43.52 |
| | 185.40 | -1.75 | 78.62 | 82.60 |
| sisma+ | 143.56 | 13.37 | 77.58 | 47.26 |
| | 148.76 | 10.77 | 76.89 | 52.47 |
| sisma- | 131.83 | 14.16 | 73.38 | 41.26 |
| | 137.03 | 11.56 | 72.69 | 46.47 |



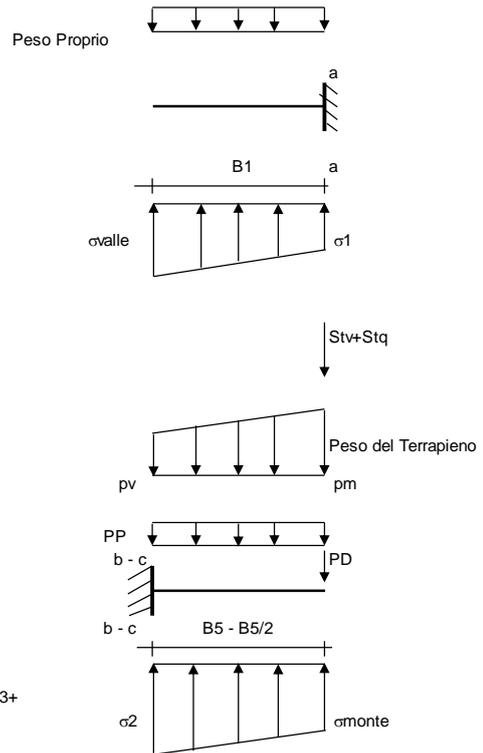
Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 12.50 (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 | M_a | V_a |
|---------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 83.78 | 75.03 | 8.55 | 33.45 |
| | 78.62 | 79.49 | 8.30 | 33.28 |
| sisma+ | 77.58 | 70.99 | 7.79 | 32.27 |
| | 76.89 | 71.58 | 7.83 | 31.92 |
| sisma- | 73.38 | 66.40 | 7.39 | 30.17 |
| | 72.69 | 66.99 | 7.29 | 29.82 |



Mensola Lato Monte

PP = 12.50 (kN/m) peso proprio soletta fondazione
 PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

| | Nmin | N max stat | N max sism | |
|-----|-------|------------|------------|----------------------|
| pm | 49.40 | 79.40 | 53.40 | (kN/m ²) |
| pvb | 49.40 | 79.40 | 53.40 | (kN/m ²) |
| pvc | 49.40 | 79.40 | 53.40 | (kN/m ²) |

$$M_b = (\sigma_{monte} - (pvb + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2b - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - pvb) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp \cdot H2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (pvc + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2c - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2)^2 / 6 - (pm - pvc) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp \cdot H2 / 2$$

$$V_b = (\sigma_{monte} - (pvb + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B + (\sigma_2b - \sigma_{monte}) \cdot B / 2 - (pm - pvb) \cdot (1 \pm kv) \cdot B / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_c = (\sigma_{monte} - (pvc + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5 / 2) + (\sigma_2c - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2) / 2 - (pm - pvc) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2) / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

| caso | σ_{monte} | σ_2b | M_b | V_b | σ_2c | M_c | V_c |
|---------|----------------------|----------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 43.52 | 66.28 | -36.33 | -30.03 | 54.90 | -16.69 | -29.18 |
| | 82.60 | 80.35 | -35.71 | -34.49 | 81.47 | -15.65 | -27.35 |
| sisma+ | 47.26 | 64.40 | -26.21 | -24.02 | 55.83 | -11.25 | -21.09 |
| | 52.47 | 66.27 | -26.28 | -24.84 | 59.37 | -11.15 | -20.96 |
| sisma- | 41.26 | 59.41 | -25.46 | -23.37 | 50.34 | -10.86 | -20.57 |
| | 46.47 | 61.29 | -25.23 | -23.74 | 53.88 | -10.68 | -20.21 |

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

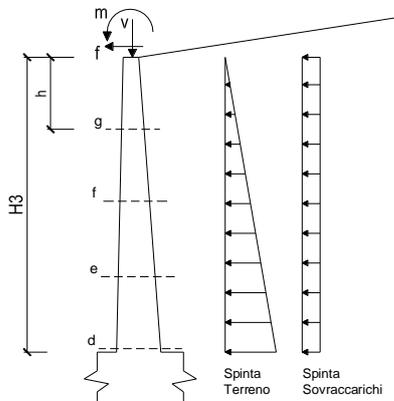
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

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

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

$$V_{ext} = f$$

$$V_{inerzia} = \Sigma P m_i \cdot kh$$



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 | 2.60 | 16.86 | 22.76 | 0.00 | 39.62 | 0.00 | 32.50 | 32.50 |
| e-e | 1.95 | 7.11 | 12.80 | 0.00 | 19.91 | 0.00 | 24.38 | 24.38 |
| f-f | 1.30 | 2.11 | 5.69 | 0.00 | 7.80 | 0.00 | 16.25 | 16.25 |
| g-g | 0.65 | 0.26 | 1.42 | 0.00 | 1.69 | 0.00 | 8.13 | 8.13 |

| sezione | h | Vt | Vq | V _{ext} | V _{tot} |
|---------|------|--------|--------|------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2.60 | 19.46 | 17.50 | 0.00 | 36.96 |
| e-e | 1.95 | 10.94 | 13.13 | 0.00 | 24.07 |
| f-f | 1.30 | 4.86 | 8.75 | 0.00 | 13.62 |
| g-g | 0.65 | 1.22 | 4.38 | 0.00 | 5.59 |

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 | 2.60 | 12.49 | 3.55 | 3.67 | 0.00 | 3.70 | 23.41 | 0.00 | 33.92 | 33.92 |
| e-e | 1.95 | 5.27 | 1.50 | 2.06 | 0.00 | 2.08 | 10.91 | 0.00 | 25.44 | 25.44 |
| f-f | 1.30 | 1.56 | 0.44 | 0.92 | 0.00 | 0.93 | 3.85 | 0.00 | 16.96 | 16.96 |
| g-g | 0.65 | 0.20 | 0.06 | 0.23 | 0.00 | 0.23 | 0.71 | 0.00 | 8.48 | 8.48 |

| 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 | 2.60 | 14.41 | 4.10 | 2.82 | 0.00 | 2.85 | 24.18 |
| e-e | 1.95 | 8.11 | 2.30 | 2.11 | 0.00 | 2.14 | 14.66 |
| f-f | 1.30 | 3.60 | 1.02 | 1.41 | 0.00 | 1.42 | 7.46 |
| g-g | 0.65 | 0.90 | 0.26 | 0.70 | 0.00 | 0.71 | 2.57 |

condizione sismica -

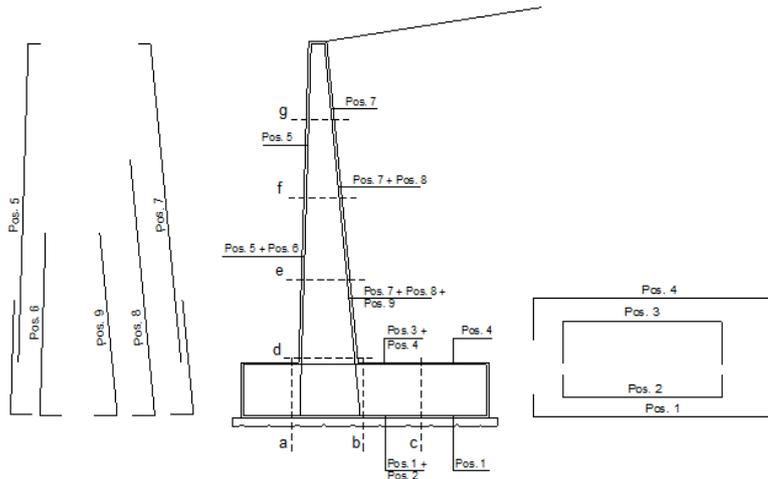
| sezione | h | M _{t stat} | M _{t sism} | M _q | M _{ext} | M _{inerzia} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp+inerzia} | N _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2.60 | 12.49 | 2.38 | 3.73 | 0.00 | 3.70 | 22.31 | 0.00 | 31.08 | 31.08 |
| e-e | 1.95 | 5.27 | 1.01 | 2.10 | 0.00 | 2.08 | 10.46 | 0.00 | 23.31 | 23.31 |
| f-f | 1.30 | 1.56 | 0.30 | 0.93 | 0.00 | 0.93 | 3.72 | 0.00 | 15.54 | 15.54 |
| g-g | 0.65 | 0.20 | 0.04 | 0.23 | 0.00 | 0.23 | 0.70 | 0.00 | 7.77 | 7.77 |

| 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 | 2.60 | 14.41 | 2.75 | 2.87 | 0.00 | 2.85 | 22.88 |
| e-e | 1.95 | 8.11 | 1.55 | 2.15 | 0.00 | 2.14 | 13.94 |
| f-f | 1.30 | 3.60 | 0.69 | 1.43 | 0.00 | 1.42 | 7.15 |
| g-g | 0.65 | 0.90 | 0.17 | 0.72 | 0.00 | 0.71 | 2.50 |

9.5.2 VERIFICHE SLU

Si dispone un'armatura principale, sia nel paramento verticale che nella soletta di fondazione, costituita da $\phi 24/20$ e un'armatura di ripartizione costituita da $\phi 12/25$. Il copriferro di calcolo è pari a 4 mm.

SCHEMA DELLE ARMATURE

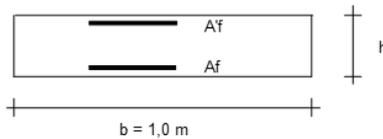


ARMATURE

| pos | n°/ml | φ | II strato | pos | n°/ml | φ | II strato |
|-----|-------|----|-----------|-----|-------|----|-----------|
| 1 | 5.0 | 24 | | 5 | 5.0 | 24 | |
| 2 | 0.0 | 0 | | 6 | 0.0 | 0 | |
| 3 | 0.0 | 0 | | 7 | 5.0 | 24 | |
| 4 | 5.0 | 24 | | 8 | 0.0 | 0 | |
| | | | | 9 | 0.0 | 0 | |

Calcola

VERIFICHE



a-a pos 1-2-3-4
 b-b pos 1-2-3-4
 c-c pos 1-4
 d-d pos 5-6-7-8-9
 e-e pos 5-6-7-8-9
 f-f pos 5-7-8
 g-g pos 5-7

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | Mu |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|--------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (kNm) |
| a - a | 8.55 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 364.33 |
| b - b | -36.33 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 364.33 |
| c - c | -16.69 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 364.33 |
| d - d | 39.62 | 32.50 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 370.65 |
| e - e | 19.91 | 24.38 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 369.07 |
| f - f | 7.80 | 16.25 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 367.49 |
| g - g | 1.69 | 8.13 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 365.91 |

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

| Sez. | V _{Ed} | h | V _{rd} | σ staffe | i orizz. | i vert. | θ | V _{Rsd} | |
|-------|-----------------|------|-----------------|----------|----------|---------|------|------------------|----------------------------------|
| (-) | (kN) | (m) | (kN) | (mm) | (cm) | (cm) | (°) | (kN) | |
| a - a | 33.45 | 0.50 | 220.73 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| b - b | 34.49 | 0.50 | 220.73 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| c - c | 29.18 | 0.50 | 220.73 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| d - d | 36.96 | 0.50 | 225.05 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| e - e | 24.07 | 0.50 | 223.97 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| f - f | 13.62 | 0.50 | 222.89 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| g - g | 5.59 | 0.50 | 221.81 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |

VERIFICATO

9.5.3 VERIFICHE SLE

VERIFICA DI TENSIONI DI ESERCIZIO

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 | 6.86 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.21 | 7.64 |
| b - b | -23.97 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.73 | 26.69 |
| c - c | -11.11 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.34 | 12.37 |
| d - d | 27.66 | 32.50 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.87 | 24.11 |
| e - e | 13.80 | 24.38 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.44 | 10.44 |
| f - f | 5.35 | 16.25 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.17 | 2.83 |
| g - g | 1.14 | 8.13 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.04 | 0.09 |

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 | 7.79 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.24 | 8.68 |
| b - b | -26.28 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.80 | 29.26 |
| c - c | -11.25 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.34 | 12.53 |
| d - d | 23.41 | 31.08 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.74 | 19.69 |
| e - e | 10.91 | 23.31 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.35 | 7.49 |
| f - f | 3.85 | 15.54 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.12 | 1.44 |
| g - g | 0.71 | 7.77 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.03 | -0.05 |

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

VERIFICA DI APERTURA DELLE FESSURE

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 | 6.86 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.21 | 7.64 | 0.008 | 0.200 |
| b - b | -23.97 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.73 | 26.69 | 0.029 | 0.200 |
| c - c | -11.11 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.34 | 12.37 | 0.013 | 0.200 |
| d - d | 27.66 | 32.50 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.87 | 24.11 | 0.025 | 0.200 |
| e - e | 13.80 | 24.38 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.44 | 10.44 | 0.010 | 0.200 |
| f - f | 5.35 | 16.25 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.17 | 2.83 | 0.003 | 0.200 |
| g - g | 1.14 | 8.13 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.04 | 0.09 | 0.000 | 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 | 4.75 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.14 | 5.30 | 0.006 | 0.300 |
| b - b | -9.61 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.29 | 10.70 | 0.012 | 0.300 |
| c - c | -4.91 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.15 | 5.47 | 0.006 | 0.300 |
| d - d | 12.49 | 32.50 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.40 | 7.52 | 0.007 | 0.300 |
| e - e | 5.27 | 24.38 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.17 | 1.57 | 0.001 | 0.300 |
| f - f | 1.56 | 16.25 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.06 | -0.08 | 0.000 | 0.300 |
| g - g | 0.20 | 8.13 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.00 | - | - | 0.300 |

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

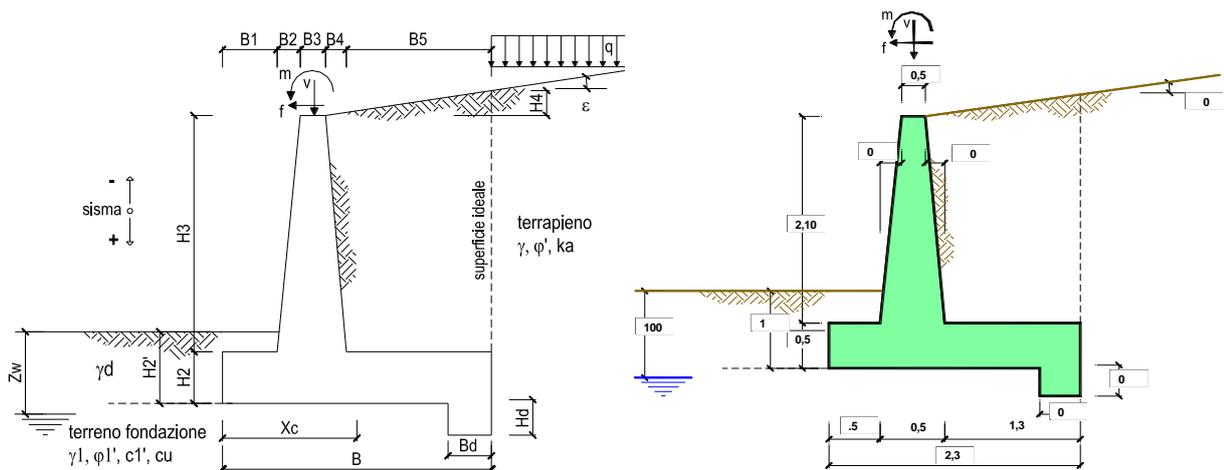
sez. compressa

VERIFICATO

10 ANALISI E VERIFICA MURO TIPO 3

10.1 INPUT

Le caratteristiche geometriche sono riportate sinteticamente nel seguente schema:



Geometria del Muro

| | | | |
|----------------------------|------|------|-----|
| Elevazione | H3 = | 2.10 | (m) |
| Aggetto Valle | B2 = | 0.00 | (m) |
| Spessore del Muro in Testa | B3 = | 0.50 | (m) |
| Aggetto monte | B4 = | 0.00 | (m) |

Geometria della Fondazione

| | | | |
|----------------------|------|------|-----|
| Larghezza Fondazione | B = | 2.30 | (m) |
| Spessore Fondazione | H2 = | 0.50 | (m) |
| Suola Lato Valle | B1 = | 0.50 | (m) |
| Suola Lato Monte | B5 = | 1.30 | (m) |
| Altezza dente | Hd = | 0.00 | (m) |
| Larghezza dente | Bd = | 0.00 | (m) |
| Mezzeria Sezione | Xc = | 1.15 | (m) |

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

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

| | | <i>valori caratteristici</i> | | | <i>valori di progetto</i> | |
|-------------------------|--|------------------------------|-------------|--|---------------------------|-------|
| | | <i>SLE</i> | | | 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 | 23.33 | 23.33 | 23.33 |
| Dati Terreno Fondazione | Condizioni | | | <input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate | | |
| | Coesione Terreno di Fondazione | (kPa) | $c1'$ | 2.50 | 2.50 | 2.50 |
| | Angolo di attrito del Terreno di Fondazione | (°) | $\varphi1'$ | 30.00 | 30.00 | 30.00 |
| | Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione | (kN/m ³) | $\gamma1$ | 19.00 | 19.00 | 19.00 |
| | Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione | (kN/m ³) | γd | 19.00 | 19.00 | 19.00 |
| | Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) | (m) | Hs | 6.40 | | |
| | Modulo di deformazione | (kN/m ²) | E | 6000 | | |

| | | | | |
|--------------|--|-----------|-----------|--|
| Dati Sismici | Accelerazione sismica | a_g/g | 0.158 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Stratigrafico | S_s | 1.46 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Topografico | S_T | 1 | (-) |
| | Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima | β_s | 0.38 | (-) |
| | Coefficiente sismico orizzontale | kh | 0.0876584 | (-) |
| | Coefficiente sismico verticale | kv | 0.0438 | (-) |
| | Muro libero di traslare o ruotare | | | <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no |

| | | SLE | | STR/GEO | |
|------------------------|--|------|-------|---------|--|
| Coefficienti di Spinta | Coeff. di Spinta Attiva Statico | ka | 0.244 | 0.244 | |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma + | kas+ | 0.295 | 0.295 | |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma - | kas- | 0.300 | 0.300 | |
| | Coeff. Di Spinta Passiva | kp | 3.000 | 3.000 | |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma + | kps+ | 2.851 | 2.851 | |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma - | kps- | 2.837 | 2.837 | |

| | | <i>valori caratteristici</i> | | | <i>valori di pr</i> | |
|---------------------|---|--|------|-------------------------------------|---------------------|--|
| | | <i>SLE - sisma</i> | | | STR/GEO | |
| Carichi permanenti | Sovraccarico permanente | (kN/m ²) | qp | 0.00 | 0.00 | |
| | Sovraccarico su zattera di monte | <input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no | | | | |
| | Forza Orizzontale in Testa permanente | (kN/m) | fp | 0.00 | 0.00 | |
| | Forza Verticale in Testa permanente | (kN/m) | vp | 0.00 | 0.00 | |
| Condizioni Statiche | Momento in Testa permanente | (kNm/m) | mp | 0.00 | 0.00 | |
| | Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche | (kN/m ²) | q | 20.00 | 30.00 | |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche | (kN/m) | f | 0.00 | 0.00 | |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche | (kN/m) | v | 0.00 | 0.00 | |
| | Momento in Testa accidentale in condizioni statiche | (kNm/m) | m | 0.00 | 0.00 | |
| Condizioni Sismiche | Coefficienti di combinazione | condizione frequente $\Psi1$ | 1.00 | condizione quasi permanente $\Psi2$ | | |
| | Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche | (kN/m ²) | qs | 4.00 | | |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kN/m) | fs | 0.00 | | |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kN/m) | vs | 0.00 | | |
| | Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kNm/m) | ms | 0.00 | | |

Non essendoci carichi permanenti applicati qp=0, però essendo in prossimità di un piazzale è stato inserito un carico variabile di 20kN/m² in condizioni statiche e di 4 kPa (20% di 20 kPa) in condizioni sismiche.

Si riporta di seguito una tabella rappresentante i coefficienti parziali di sicurezza per le condizioni statiche nella prima colonna e i coefficienti parziali di sicurezza per le condizioni sismiche nella seconda colonna.

| Carichi | Effetto | Coeff. Parziale | altro | altro |
|------------|-------------|-----------------|-------|-------|
| | | | altro | altro |
| Permanenti | favorevole | γ_G | 1.00 | 1.00 |
| | sfavorevole | | 1.35 | 1.00 |
| Variabili | favorevole | γ_Q | 0.00 | 0.00 |
| | sfavorevole | | 1.50 | 1.00 |

| Parametro | | altro | altro |
|------------------------|----------------|-------|-------|
| angolo d'attrito | $\tan \phi'_k$ | 1.00 | 1.00 |
| coesione | c'_k | 1.00 | 1.00 |
| resistenza non drenata | c_{uk} | 1.00 | 1.00 |
| peso unità di volume | γ | 1.00 | 1.00 |

| Verifica | Coeff. Parziale | altro | altro |
|------------------------------|-----------------|-------|-------|
| | | altro | altro |
| Capacità portante fondazione | γ_R | 1.40 | 1.20 |
| Scorrimento | | 1.10 | 1.00 |
| Ribaltamento | | 1.15 | 1.00 |

10.2 AZIONI

10.2.1 FORZE VERTICALI E FORZE INERZIALI

FORZE VERTICALI

| | | | SLE | STR/GEO |
|----------------------|--|--------|-------|---------|
| - Peso del Muro (Pm) | | | | |
| Pm1 = | $(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pm2 = | $(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 26.25 | 26.25 |
| Pm3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pm4 = | $(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 28.75 | 28.75 |
| Pm5 = | $(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pm = | $Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$ | (kN/m) | 55.00 | 55.00 |

| | | | | |
|--|---|--------|-------|-------|
| - Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt) | | | | |
| Pt1 = | $(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$ | (kN/m) | 51.87 | 51.87 |
| Pt2 = | $(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pt3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sovr = | $qp \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pt = | $Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr$ | (kN/m) | 51.87 | 51.87 |

| | | | | |
|---|----------------------|--------|-----|----|
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 26 | 39 |
| Sovr acc. Sism | $qs \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 5.2 | |

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

| | | | SLE | STR/GEO |
|-------------|---|---------|-------|---------|
| - Muro (Mm) | | | | |
| Mm1 = | $Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mm2 = | $Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$ | (kNm/m) | 19.69 | 19.69 |
| Mm3 = | $Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mm4 = | $Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | 33.06 | 33.06 |
| Mm5 = | $Pm5 \cdot (B - Bd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mm = | $Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$ | (kNm/m) | 52.75 | 52.75 |

| | | | | |
|---|---|---------|-------|-------|
| - Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro | | | | |
| Mt1 = | $Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$ | (kNm/m) | 85.59 | 85.59 |
| Mt2 = | $Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mt3 = | $Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Msovr = | $Sovr \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mt = | $Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr$ | (kNm/m) | 85.59 | 85.59 |

| | | | | |
|---|---|---------|------|-------|
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 42.9 | 64.35 |
| Sovr acc. Sism | $qs \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 8.58 | |

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

| | | | | |
|---|---------------|--------|--|------|
| - Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps) | | | | |
| Ps _h = | $Pm \cdot kh$ | (kN/m) | | 4.82 |
| Ps _v = | $Pm \cdot kv$ | (kN/m) | | 2.41 |

| | | | | |
|---|---------------|--------|--|------|
| - Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts) | | | | |
| Pts _h = | $Pt \cdot kh$ | (kN/m) | | 4.55 |
| Pts _v = | $Pt \cdot kv$ | (kN/m) | | 2.27 |

| | | | | |
|---|------------------------------------|---------|--|------|
| - Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs _h) | | | | |
| MPs1 _h = | $kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3/3)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs2 _h = | $kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | | 3.57 |
| MPs3 _h = | $kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3/3)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs4 _h = | $kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$ | (kNm/m) | | 0.63 |
| MPs5 _h = | $-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs _h = | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$ | (kNm/m) | | 4.20 |

| | | | | |
|---|--|---------|--|------|
| - 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 |
| MPs2 _v = | $kv \cdot Pm2 \cdot (B1 + B2 + B3/2)$ | (kNm/m) | | 0.86 |
| MPs3 _v = | $kv \cdot Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4/3)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs4 _v = | $kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | | 1.45 |
| MPs5 _v = | $kv \cdot Pm5 \cdot (B - Bd/2)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs _v = | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$ | (kNm/m) | | 2.31 |

| | | | | |
|--|---------------------------------------|---------|--|------|
| - Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts _h) | | | | |
| MPts1 _h = | $kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | | 7.05 |
| MPts2 _h = | $kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPts3 _h = | $kh \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3/2/3)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPts _h = | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | | 7.05 |

| | | | | |
|--|--|---------|--|------|
| - 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) | | 3.75 |
| MPts2 _v = | $kv \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0,5$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPts3 _v = | $kv \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3/2/3) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0,5$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPts _v = | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | | 3.75 |

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

10.2.2 SPINTE IN CONDIZIONI STATICHE

CONDIZIONE STATICA

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO |
|---|---|--------|---------|
| - Spinta totale condizione statica | | | |
| St = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$ | (kN/m) | 15.70 |
| Sq perm = | $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$ | (kN/m) | 0.00 |
| Sq acc = | $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$ | (kN/m) | 12.71 |
| - Componente orizzontale condizione statica | | | |
| Sth = | $St \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 14.41 |
| Sqh perm = | $Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 |
| Sqh acc = | $Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 11.67 |
| - Componente verticale condizione statica | | | |
| Stv = | $St \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 6.22 |
| Sqv perm = | $Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 |
| Sqv acc = | $Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 5.03 |
| - Spinta passiva sul dente | | | |
| Sp = | $\frac{1}{2} \cdot g_1 \cdot H_d^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H_d^2 \cdot k_p + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2) \cdot H_d$ | (kN/m) | 0.00 |

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO |
|-------------|---|---------|---------|
| MSt1 = | $Sth \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | (kNm/m) | 12.49 |
| MSt2 = | $Stv \cdot B$ | (kNm/m) | 14.30 |
| MSq1 perm = | $Sqh \text{ perm} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MSq1 acc = | $Sqh \text{ acc} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) | 15.17 |
| MSq2 perm = | $Sqv \text{ perm} \cdot B$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MSq2 acc = | $Sqv \text{ acc} \cdot B$ | (kNm/m) | 11.58 |
| MSp = | $\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_p / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | |
|----------|--|---------|------|
| Mfext1 = | $mp + m$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext2 = | $(fp + f) \cdot (H_3 + H_2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext3 = | $(vp + v) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$ | (kNm/m) | 0.00 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

10.2.3 SPINTE IN CONDIZIONI SISMICHE

CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica +

| | | SLE | STR/GEO |
|--|--------|-------|---------|
| Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) | 15.70 | 15.70 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ - Sst1 \text{ stat}$ | (kN/m) | 4.10 | 4.10 |
| Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$ | (kN/m) | 3.07 | 3.07 |

- Componente orizzontale condizione sismica +

| | | | |
|--|--------|-------|-------|
| Sst1h stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 14.41 | 14.41 |
| Sst1h sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 3.76 | 3.76 |
| Ssq1h perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1h acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 2.82 | 2.82 |

- Componente verticale condizione sismica +

| | | | |
|--|--------|------|------|
| Sst1v stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 6.22 | 6.22 |
| Sst1v sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 1.62 | 1.62 |
| Ssq1v perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1v acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 1.22 | 1.22 |

- 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 |
|--|--------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

| | | SLE | STR/GEO |
|---|-----------|-------|---------|
| MSst1 stat = $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$ | (kNm/m) | 12.49 | 12.49 |
| MSst1 sism = $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$ | (kNm/m) | 3.26 | 3.26 |
| MSst2 stat = $Sst1v \text{ stat} \cdot B$ | (kNm/m) | 14.30 | 14.30 |
| MSst2 sism = $Sst1v \text{ sism} \cdot B$ | (kNm/m) | 3.73 | 3.73 |
| MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$ | (kNm/m) | 3.67 | 3.67 |
| MSsq2 = $Ssq1v \cdot B$ | (kNm/m) | 2.80 | 2.80 |
| 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 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO |
|---|---|--------|---------|
| - Spinta condizione sismica - | | | |
| Sst1 stat = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$ | (kN/m) | 15.70 |
| Sst1 sism = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (1 - k_v) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as} - Sst1 \text{ stat}$ | (kN/m) | 2.75 |
| Ssq1 perm = | $q_p \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}$ | (kN/m) | 0.00 |
| Ssq1 acc = | $q_s \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}$ | (kN/m) | 3.12 |
| - Componente orizzontale condizione sismica - | | | |
| Sst1h stat = | $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 14.41 |
| Sst1h sism = | $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 2.53 |
| Ssq1h perm = | $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 |
| Ssq1h acc = | $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 2.87 |
| - Componente verticale condizione sismica - | | | |
| Sst1v stat = | $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 6.22 |
| Sst1v sism = | $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 1.09 |
| Ssq1v perm = | $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 |
| Ssq1v acc = | $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 1.24 |
| - Spinta passiva sul dente | | | |
| Sp = | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1 - k_v) \cdot H_d^2 \cdot k_{ps} + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{-0.5} + \gamma_1 \cdot (1 - k_v) \cdot k_{ps} \cdot H_2) \cdot H_d$ | (kN/m) | 0.00 |

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | SLE | STR/GEO |
|------------------------|---|---------|---------|
| - Condizione sismica - | | | |
| MSst1 stat = | $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | (kNm/m) | 12.49 |
| MSst1 sism = | $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | (kNm/m) | 2.19 |
| MSst2 stat = | $Sst1v \text{ stat} \cdot B$ | (kNm/m) | 14.30 |
| MSst2 sism = | $Sst1v \text{ sism} \cdot B$ | (kNm/m) | 2.51 |
| MSsq1 = | $Ssq1h \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) | 3.73 |
| MSsq2 = | $Ssq1v \cdot B$ | (kNm/m) | 2.85 |
| MSp = | $\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_{ps} / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{-0.5} + \gamma_1 \cdot k_{ps} \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | |
|----------|---|---------|------|
| Mfext1 = | $mp + ms$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext2 = | $(fp + fs) \cdot (H_3 + H_2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| Mfext3 = | $(vp + vs) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$ | (kNm/m) | 0.00 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

10.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

10.3.1 VERIFICA IN CONDIZIONI STATICHE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv \text{ perm}} + S_{qv \text{ acc}} \quad 122.81 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f \quad 36.96 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg} \phi' \quad 0.58 \quad (-)$$

$$F_s \text{ scorr.} \quad (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.92} \quad > \quad \mathbf{1.1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

| | | | |
|--|--------|--------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | Nmin | Nmax | |
| $N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v (+ Sovr acc)$ | 122.81 | 161.81 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | |
| $T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p$ | 36.96 | 36.96 | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | |
| $MM = \Sigma M$ | 135.39 | 199.74 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | |
| $M = X_c * N - MM$ | 5.85 | -13.65 | (kNm/m) |

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

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c * i_c + q_0 * N_q * i_q + 0.5 * \gamma_1 * B * N_\gamma * i_\gamma$$

| | | | | |
|-------------------------|--------------------------------------|-------|-------|----------------------|
| c' | coesione terreno di fondaz. | 2.50 | | (kPa) |
| ϕ' | angolo di attrito terreno di fondaz. | 30.00 | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 19.00 | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma d * H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 19.00 | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0.05 | -0.08 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 2.20 | 2.13 | (m) |

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

| | | | | |
|--|------------------------|-------|--|-----|
| $N_q = tg^2(45 + \phi'/2) * e^{(\pi * tg(\phi'))}$ | (1 in cond. nd) | 18.40 | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / tg(\phi')$ | (2+ π in cond. nd) | 30.14 | | (-) |
| $N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * tg(\phi')$ | (0 in cond. nd) | 22.40 | | (-) |

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

| | | | | |
|---|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B * c' * cotg(\phi')))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.52 | 0.61 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.49 | 0.49 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' * cotg(\phi')))^{m+1}$ | | 0.37 | 0.37 | (-) |

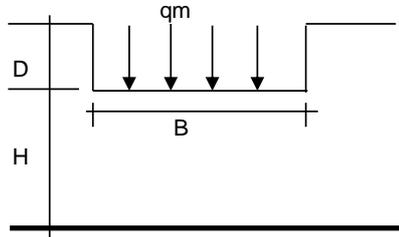
(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 394.37 | 427.10 | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} * B^* / N$ | Nmin | 7.08 | > | 1.4 |
| | | Nmax | 5.63 | > | |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E \quad (\text{Christian e Carrier, 1976})$$

| | | |
|-------|--------|---------|
| N | 118.12 | (kN/m) |
| M | -0.71 | (kNm/m) |
| e=M/N | -0.01 | (m) |
| B* | 2.29 | (m) |

Profondità Piano di Posa della Fondazione

| | | |
|-------|------|-----|
| D = | 1.00 | (m) |
| D/B* | 0.44 | (m) |
| Hs/B* | 2.80 | (m) |

Carico unitario medio (qm)

$$qm = N / (B - 2*e) = N / B^* = 53.68 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0.941 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0.81 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E = 1.57 \quad (\text{mm})$$

10.3.2 VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv = 110.73 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh = 29.18 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\phi_1' = 0.58 \quad (-)$$

$$F_s = (N*f + S_p) / T = 2.19 > 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} = 138.34 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} = 24.63 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r = 5.62 > 1$$

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

| | | | | |
|---|--|--------|--------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| $N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (Sovr\ acc)$ | | 120.61 | 125.81 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| $T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$ | | 30.36 | | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| $MM = \sum M$ | | 134.57 | 143.15 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| $M = X_c * N - MM$ | | 4.13 | 1.53 | (kNm/m) |

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

Fondazione Nastriforme

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

| | | | | |
|------------------------|--------------------------------------|-------|------|----------------------|
| $c'1'$ | coesione terreno di fondaz. | 2.50 | | (kN/mq) |
| $\phi'1'$ | angolo di attrito terreno di fondaz. | 30.00 | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 19.00 | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma d' H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 19.00 | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0.03 | 0.01 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 2.23 | 2.28 | (m) |

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

| | | | | |
|---|------------------------|-------|--|-----|
| $N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) e^{(\pi \tan \phi')}$ | (1 in cond. nd) | 18.40 | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi')$ | (2+ π in cond. nd) | 30.14 | | (-) |
| $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan(\phi')$ | (0 in cond. nd) | 22.40 | | (-) |

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

| | | | | |
|--|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi'))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.59 | 0.60 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.56 | 0.58 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi'))^{m+1}$ | | 0.45 | 0.45 | (-) |

(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 462.42 | 473.09 | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} * B^* / N$ | Nmin | 8.56 | > | 1.2 |
| | | Nmax | 8.56 | > | |



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo muro di sostegno

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|---------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA5F | 01 | D 78 | FA0200 001 | A | 102 DI 125 |

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

| # Superfici Calcolate | FS Bishop |
|-----------------------|---------------|
| 1100 | STATICO 6.425 |
| | SISMICO 3.342 |

CALCOLO

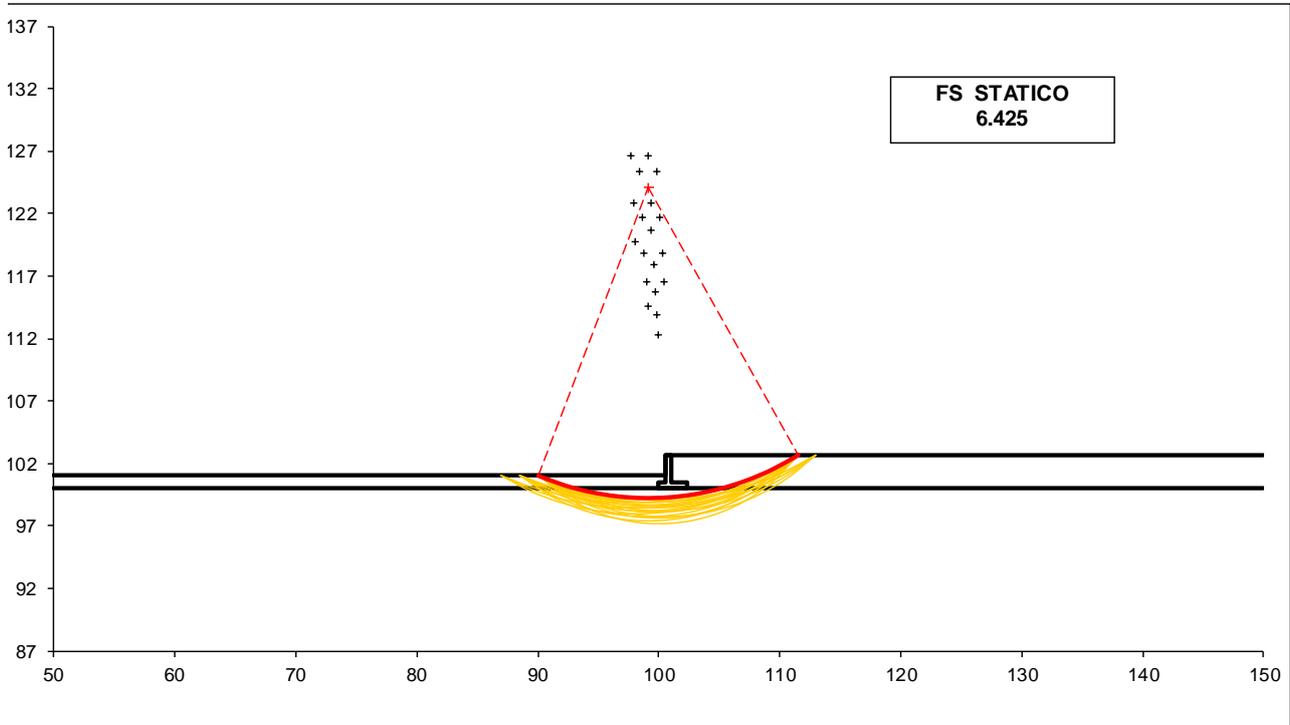
Condizione di Carico

STATICA

superfici da disegnare

20

DISEGNO



6.425 > 1.1 VERIFICA SODDISFATTA

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

10.4.2 VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE

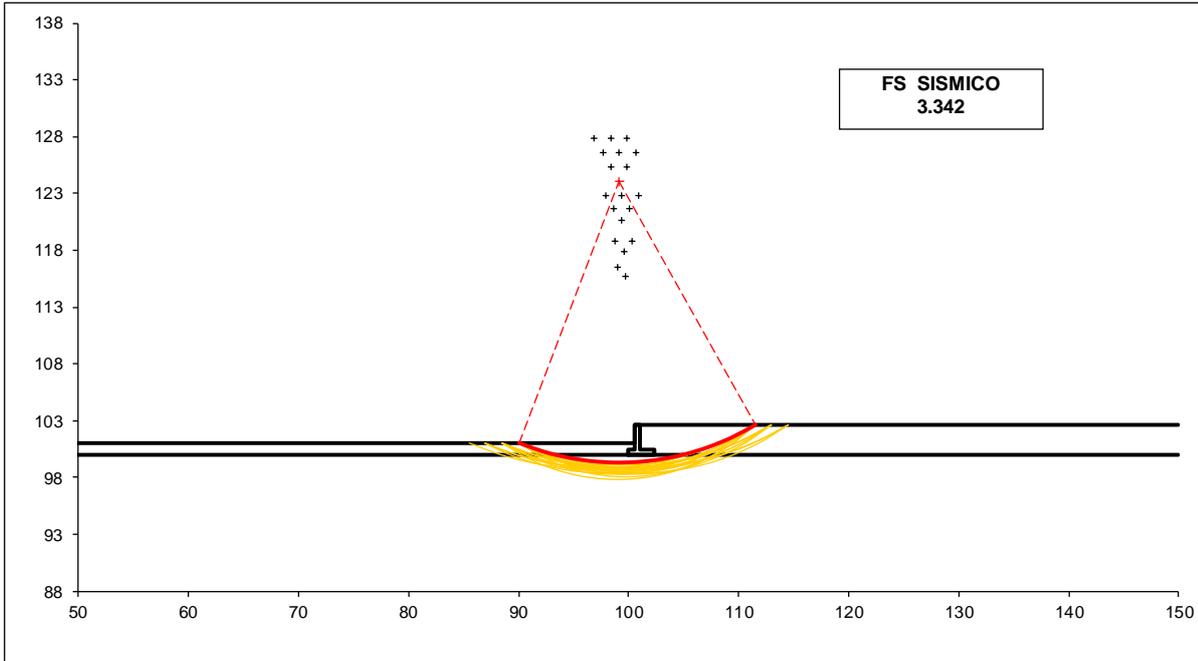
Condizione di Carico

SISMICA ▼

superfici da disegnare

20 ▼

DISEGNO



3.342>1.2 VERIFICA SODDISFATTA

10.5 VERIFICHE STRUTTURALI

10.5.1 CALCOLO SOLLECITAZIONI

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

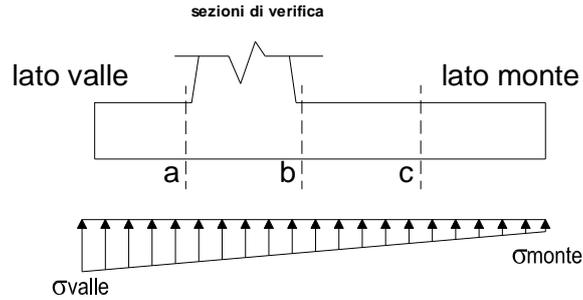
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 2.30 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 0.88 \quad (m^3)$$

| caso | N | M | σ_{valle} | σ_{monte} |
|---------|--------|--------|----------------------|----------------------|
| | [kN] | [kNm] | [kN/m ²] | [kN/m ²] |
| statico | 122.81 | 5.85 | 60.03 | 46.76 |
| | 161.81 | -13.65 | 54.87 | 85.84 |
| sisma+ | 120.61 | 4.13 | 57.13 | 47.75 |
| | 125.81 | 1.53 | 56.44 | 52.96 |
| sisma- | 110.73 | 5.07 | 53.89 | 42.39 |
| | 115.93 | 2.47 | 53.21 | 47.60 |



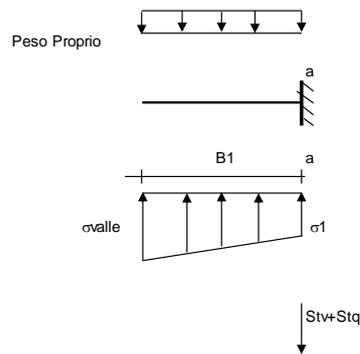
Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 12.50 (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 | M_a | V_a |
|---------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 60.03 | 57.15 | 5.82 | 23.04 |
| | 54.87 | 61.60 | 5.58 | 22.87 |
| sisma+ | 57.13 | 55.09 | 5.43 | 22.04 |
| | 56.44 | 55.68 | 5.46 | 21.70 |
| sisma- | 53.89 | 51.39 | 5.14 | 20.42 |
| | 53.21 | 51.99 | 5.04 | 20.08 |



Mensola Lato Monte

PP = 12.50 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione
 PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

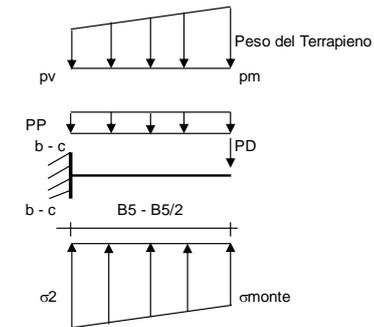
| | Nmin | N max stat | N max sism |
|-----|-------|------------|------------|
| pm | 39.90 | 69.90 | 43.90 |
| pvb | 39.90 | 69.90 | 43.90 |
| pvc | 39.90 | 69.90 | 43.90 |

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

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

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

$$V_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2) + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2) / 2 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2) - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$



| caso | σ_{monte} | σ_{2b} | M_b | V_b | σ_{2c} | M_c | V_c |
|---------|----------------------|----------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 46.76 | 54.26 | -23.38 | -18.40 | 50.51 | -11.29 | -18.39 |
| | 85.84 | 68.33 | -22.75 | -22.85 | 77.09 | -10.25 | -16.55 |
| sisma+ | 47.75 | 53.05 | -16.15 | -14.64 | 50.40 | -7.17 | -12.71 |
| | 52.96 | 54.93 | -16.21 | -15.46 | 53.94 | -7.07 | -12.58 |
| sisma- | 42.39 | 48.89 | -15.79 | -14.34 | 45.64 | -6.95 | -12.50 |
| | 47.60 | 50.77 | -15.56 | -14.71 | 49.19 | -6.78 | -12.14 |

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

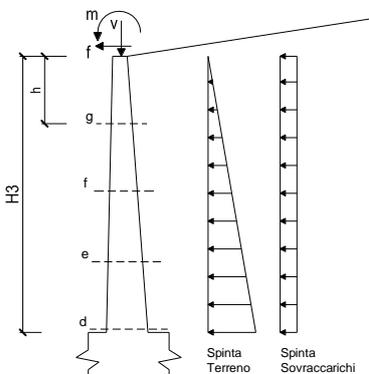
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

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

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

$$V_{ext} = f$$

$$V_{inerzia} = \Sigma P m_i \cdot kh$$



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 | 2.10 | 8.88 | 14.85 | 0.00 | 23.73 | 0.00 | 26.25 | 26.25 |
| e-e | 1.58 | 3.75 | 8.35 | 0.00 | 12.10 | 0.00 | 19.69 | 19.69 |
| f-f | 1.05 | 1.11 | 3.71 | 0.00 | 4.82 | 0.00 | 13.13 | 13.13 |
| g-g | 0.53 | 0.14 | 0.93 | 0.00 | 1.07 | 0.00 | 6.56 | 6.56 |

| sezione | h | Vt | Vq | V _{ext} | V _{tot} |
|---------|------|--------|--------|------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2.10 | 12.69 | 14.14 | 0.00 | 26.83 |
| e-e | 1.58 | 7.14 | 10.60 | 0.00 | 17.74 |
| f-f | 1.05 | 3.17 | 7.07 | 0.00 | 10.24 |
| g-g | 0.53 | 0.79 | 3.53 | 0.00 | 4.33 |

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 | 2.10 | 6.58 | 1.87 | 2.39 | 0.00 | 2.42 | 13.26 | 0.00 | 27.40 | 27.40 |
| e-e | 1.58 | 2.78 | 0.79 | 1.35 | 0.00 | 1.36 | 6.27 | 0.00 | 20.55 | 20.55 |
| f-f | 1.05 | 0.82 | 0.23 | 0.60 | 0.00 | 0.60 | 2.26 | 0.00 | 13.70 | 13.70 |
| g-g | 0.53 | 0.10 | 0.03 | 0.15 | 0.00 | 0.15 | 0.43 | 0.00 | 6.85 | 6.85 |

| 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 | 2.10 | 9.40 | 2.67 | 2.28 | 0.00 | 2.30 | 16.65 |
| e-e | 1.58 | 5.29 | 1.50 | 1.71 | 0.00 | 1.73 | 10.23 |
| f-f | 1.05 | 2.35 | 0.67 | 1.14 | 0.00 | 1.15 | 5.31 |
| g-g | 0.53 | 0.59 | 0.17 | 0.57 | 0.00 | 0.58 | 1.90 |

condizione sismica -

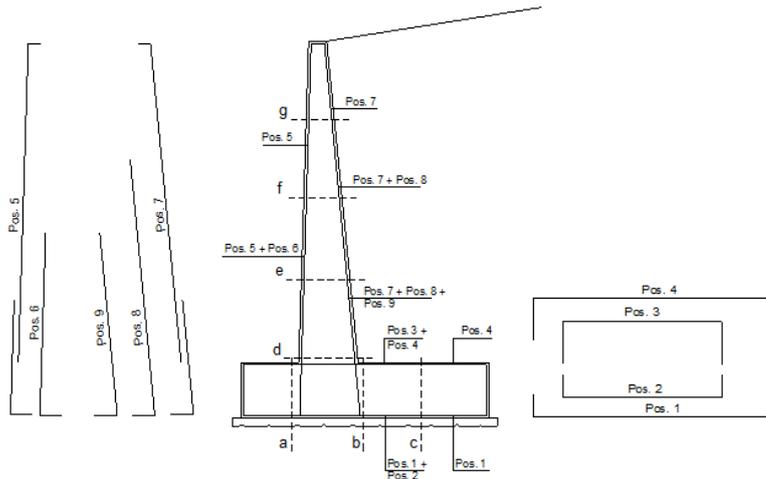
| sezione | h | M _{t stat} | M _{t sism} | M _q | M _{ext} | M _{inerzia} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp+inerzia} | N _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2.10 | 6.58 | 1.26 | 2.43 | 0.00 | 2.42 | 12.69 | 0.00 | 25.10 | 25.10 |
| e-e | 1.58 | 2.78 | 0.53 | 1.37 | 0.00 | 1.36 | 6.03 | 0.00 | 18.82 | 18.82 |
| f-f | 1.05 | 0.82 | 0.16 | 0.61 | 0.00 | 0.60 | 2.19 | 0.00 | 12.55 | 12.55 |
| g-g | 0.53 | 0.10 | 0.02 | 0.15 | 0.00 | 0.15 | 0.43 | 0.00 | 6.27 | 6.27 |

| 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 | 2.10 | 9.40 | 1.79 | 2.32 | 0.00 | 2.30 | 15.82 |
| e-e | 1.58 | 5.29 | 1.01 | 1.74 | 0.00 | 1.73 | 9.76 |
| f-f | 1.05 | 2.35 | 0.45 | 1.16 | 0.00 | 1.15 | 5.11 |
| g-g | 0.53 | 0.59 | 0.11 | 0.58 | 0.00 | 0.58 | 1.85 |

10.5.2 VERIFICHE SLU

Si dispone un'armatura principale, sia nel paramento verticale che nella soletta di fondazione, costituita da $\phi 24/20$ e un'armatura di ripartizione costituita da $\phi 12/25$. Il copriferro di calcolo è pari a 4 mm.

SCHEMA DELLE ARMATURE

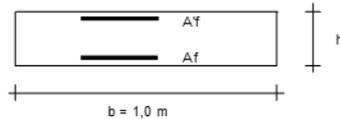


ARMATURE

| pos | n°/ml | ϕ | II strato | pos | n°/ml | ϕ | II strato |
|-----|-------|--------|-----------|-----|-------|--------|-----------|
| 1 | 5.0 | 24 | ┌ └ | 5 | 5.0 | 24 | ┌ └ |
| 2 | 0.0 | 0 | | 6 | 0.0 | 0 | |
| 3 | 0.0 | 0 | | 7 | 5.0 | 24 | |
| 4 | 5.0 | 24 | | 8 | 0.0 | 0 | |
| | | | | 9 | 0.0 | 0 | |

Calcola

VERIFICHE



a-a pos 1-2-3-4
b-b pos 1-2-3-4
c-c pos 1-4
d-d pos 5-6-7-8-9
e-e pos 5-6-7-8-9
f-f pos 5-7-8
g-g pos 5-7

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | Mu |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|--------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (kNm) |
| a - a | 5.82 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 364.33 |
| b - b | -23.38 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 364.33 |
| c - c | -11.29 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 364.33 |
| d - d | 23.73 | 26.25 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 369.44 |
| e - e | 12.10 | 19.69 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 368.16 |
| f - f | 4.82 | 13.13 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 366.88 |
| g - g | 1.07 | 6.56 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 365.61 |

(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 _{rd,ed} | |
|-------|-----------------|------|-----------------|---------------|----------|---------|----------|--------------------|----------------------------------|
| (-) | (kN) | (m) | (kN) | (mm) | (cm) | (cm) | (°) | (kN) | |
| a - a | 23.04 | 0.50 | 220.73 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| b - b | 22.85 | 0.50 | 220.73 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| c - c | 18.39 | 0.50 | 220.73 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| d - d | 26.83 | 0.50 | 224.22 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| e - e | 17.74 | 0.50 | 223.35 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| f - f | 10.24 | 0.50 | 222.48 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| g - g | 4.33 | 0.50 | 221.60 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |

VERIFICATO

10.5.3 VERIFICHE SLE

VERIFICA DI TENSIONI DI ESERCIZIO

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 | 4.77 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.14 | 5.31 |
| b - b | -15.08 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.46 | 16.80 |
| c - c | -7.39 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.22 | 8.24 |
| d - d | 16.48 | 26.25 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.53 | 13.01 |
| e - e | 8.34 | 19.69 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.27 | 5.39 |
| f - f | 3.30 | 13.13 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.11 | 1.26 |
| g - g | 0.72 | 6.56 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.03 | -0.01 |

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 | 5.43 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.16 | 6.04 |
| b - b | -16.21 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.49 | 18.06 |
| c - c | -7.17 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.22 | 7.98 |
| d - d | 13.26 | 25.10 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.42 | 9.70 |
| e - e | 6.27 | 18.82 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.20 | 3.35 |
| f - f | 2.26 | 12.55 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.07 | 0.45 |
| g - g | 0.43 | 6.27 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.02 | - |

sez. compressa

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

VERIFICA DI APERTURA DELLE FESSURE

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 | 4.77 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.14 | 5.31 | 0.006 | 0.200 |
| b - b | -15.08 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.46 | 16.80 | 0.018 | 0.200 |
| c - c | -7.39 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.22 | 8.24 | 0.009 | 0.200 |
| d - d | 16.48 | 26.25 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.53 | 13.01 | 0.013 | 0.200 |
| e - e | 8.34 | 19.69 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.27 | 5.39 | 0.005 | 0.200 |
| f - f | 3.30 | 13.13 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.11 | 1.26 | 0.001 | 0.200 |
| g - g | 0.72 | 6.56 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.03 | -0.01 | 0.000 | 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 | 3.36 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.10 | 3.74 | 0.004 | 0.300 |
| b - b | -4.78 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.15 | 5.33 | 0.006 | 0.300 |
| c - c | -2.76 | 0.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.08 | 3.07 | 0.003 | 0.300 |
| d - d | 6.58 | 26.25 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.21 | 2.51 | 0.002 | 0.300 |
| e - e | 2.78 | 19.69 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.09 | 0.23 | 0.000 | 0.300 |
| f - f | 0.82 | 13.13 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.00 | - | - | 0.300 |
| g - g | 0.10 | 6.56 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.00 | - | - | 0.300 |

sez. compressa
sez. compressa

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

VERIFICATO

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

| | | | | valori caratteristici | | valori di progetto | |
|-------------------------|--|----------------------|--|-----------------------|--|--------------------|--|
| | | | | SLE | | STR/GEO | |
| Dati Geotecnici | | | | | | | |
| Dati Terrapieno | Angolo di attrito del terrapieno | (°) | φ' | 35.00 | | 35.00 | |
| | Peso Unità di Volume del terrapieno | (kN/m ³) | γ' | 19.00 | | 19.00 | |
| | Angolo di attrito terreno-superficie ideale | (°) | δ | 23.33 | | 23.33 | |
| Dati Terreno Fondazione | Condizioni | | <input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate | | | | |
| | Coesione Terreno di Fondazione | (kPa) | $c1'$ | 2.50 | | 2.50 | |
| | Angolo di attrito del Terreno di Fondazione | (°) | $\varphi1'$ | 30.00 | | 30.00 | |
| | Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione | (kN/m ³) | $\gamma1$ | 19.00 | | 19.00 | |
| | Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione | (kN/m ³) | γd | 19.00 | | 19.00 | |
| | Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) | (m) | Hs | 6.40 | | | |
| | Modulo di deformazione | (kN/m ²) | E | 6000 | | | |

| | | | | |
|--------------|--|-----------|--|-----|
| Dati Sismici | Accelerazione sismica | a_g/g | 0.158 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Stratigrafico | S_s | 1.46 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Topografico | S_T | 1 | (-) |
| | Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima | β_s | 0.38 | (-) |
| | Coefficiente sismico orizzontale | kh | 0.0876584 | (-) |
| | Coefficiente sismico verticale | kv | 0.0438 | (-) |
| | Muro libero di traslare o ruotare | | <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no | |

| | | SLE | | STR/GEO | |
|------------------------|--|------|-------|---------|--|
| Coefficienti di Spinta | Coeff. di Spinta Attiva Statico | ka | 0.244 | 0.244 | |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma + | kas+ | 0.295 | 0.295 | |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma - | kas- | 0.300 | 0.300 | |
| | Coeff. Di Spinta Passiva | kp | 3.000 | 3.000 | |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma + | kps+ | 2.851 | 2.851 | |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma - | kps- | 2.837 | 2.837 | |

| | | | | 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 type="radio"/> si <input checked="" 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 | |
| Condizioni Statiche | Momento in Testa permanente | (kNm/m) | mp | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche | (kN/m ²) | q | 20.00 | 30.00 | 30.00 | |
| | 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 $\Psi1$ | 1.00 | condizione quasi permanente $\Psi2$ | | 0.00 | | |
| Condizioni Sismiche | Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche | (kN/m ²) | qs | 4.00 | | | |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kN/m) | fs | 0.00 | | | |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kN/m) | vs | 0.00 | | | |
| | Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kNm/m) | ms | 0.00 | | | |

Non essendoci carichi permanenti applicati qp=0, però essendo in prossimità di un piazzale è stato inserito un carico variabile di 20kN/m² in condizioni statiche e di 4 kPa (20% di 20 kPa) in condizioni sismiche.

Si riporta di seguito una tabella rappresentante i coefficienti parziali di sicurezza per le condizioni statiche nella prima colonna e i coefficienti parziali di sicurezza per le condizioni sismiche nella seconda colonna.

| Carichi | Effetto | Coeff. Parziale | altro | altro |
|------------|-------------|-----------------|-------|-------|
| | | | altro | altro |
| Permanenti | favorevole | γ_G | 1.00 | 1.00 |
| | sfavorevole | | 1.35 | 1.00 |
| Variabili | favorevole | γ_Q | 0.00 | 0.00 |
| | sfavorevole | | 1.50 | 1.00 |

| Parametro | | altro | altro |
|------------------------|----------------|-------|-------|
| angolo d'attrito | $\tan \phi'_k$ | 1.00 | 1.00 |
| coesione | c'_k | 1.00 | 1.00 |
| resistenza non drenata | c_{uk} | 1.00 | 1.00 |
| peso unità di volume | γ | 1.00 | 1.00 |

| Verifica | Coeff. Parziale | altro | altro |
|------------------------------|-----------------|-------|-------|
| | | altro | altro |
| Capacità portante fondazione | γ_R | 1.40 | 1.20 |
| Scorrimento | | 1.10 | 1.00 |
| Ribaltamento | | 1.15 | 1.00 |

11.2AZIONI

11.2.1 FORZE VERTICALI E FORZE INERZIALI

FORZE VERTICALI

| | | | SLE | STR/GEO |
|---|---|--------|-------|---------|
| - Peso del Muro (Pm) | | | | |
| Pm1 = | $(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pm2 = | $(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 20.00 | 20.00 |
| Pm3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pm4 = | $(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 20.00 | 20.00 |
| Pm5 = | $(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pm = | Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 | (kN/m) | 40.00 | 40.00 |
| - Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt) | | | | |
| Pt1 = | $(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$ | (kN/m) | 30.40 | 30.40 |
| Pt2 = | $(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pt3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sovr = | qp * (B4+B5) | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Pt = | Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr | (kN/m) | 30.40 | 30.40 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | | |
| Sovr acc. Stat | q * (B4+B5) | (kN/m) | 20 | 30 |
| Sovr acc. Sism | qs * (B4+B5) | (kN/m) | 4 | |

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

| | | | SLE | STR/GEO |
|--|-------------------------------------|---------|-------|---------|
| - Muro (Mm) | | | | |
| Mm1 = | $Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mm2 = | $Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 B3)$ | (kNm/m) | 15.00 | 15.00 |
| Mm3 = | $Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 B4)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mm4 = | $Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | 20.00 | 20.00 |
| Mm5 = | $Pm5 \cdot (B - Bd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mm = | Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 | (kNm/m) | 35.00 | 35.00 |
| - Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro | | | | |
| Mt1 = | $Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 B5)$ | (kNm/m) | 45.60 | 45.60 |
| Mt2 = | $Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 (B4+B5))$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mt3 = | $Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 B4)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Msovr = | $Sovr \cdot (B1+B2+B3+1/2 (B4+B5))$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mt = | Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr | (kNm/m) | 45.60 | 45.60 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B1+B2+B3+1/2 (B4+B5))$ | (kNm/m) | 30 | 45 |
| Sovr acc. Sism | $qs \cdot (B1+B2+B3+1/2 (B4+B5))$ | (kNm/m) | 6 | |

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

| | | | | |
|---|--|---------|--|------|
| - Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps) | | | | |
| Ps h = | Pm * kh | (kN/m) | | 3.51 |
| Ps v = | Pm * kv | (kN/m) | | 1.75 |
| - Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts) | | | | |
| Ptsh = | Pt * kh | (kN/m) | | 2.66 |
| Ptsv = | Pt * kv | (kN/m) | | 1.33 |
| - Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h) | | | | |
| MPs1 h = | $kh \cdot Pm1 \cdot (H2+H3/3)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs2 h = | $kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | | 2.10 |
| MPs3 h = | $kh \cdot Pm3 \cdot (H2+H3/3)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs4 h = | $kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$ | (kNm/m) | | 0.35 |
| MPs5 h = | $-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs h = | MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5 | (kNm/m) | | 2.45 |
| - Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs v) | | | | |
| MPs1 v = | $kv \cdot Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs2 v = | $kv \cdot Pm2 \cdot (B1+B2+B3/2)$ | (kNm/m) | | 0.66 |
| MPs3 v = | $kv \cdot Pm3 \cdot (B1+B2+B3+B4/3)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs4 v = | $kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | | 0.88 |
| MPs5 v = | $kv \cdot Pm5 \cdot (B-Bd/2)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPs v = | MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5 | (kNm/m) | | 1.53 |
| - Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h) | | | | |
| MPts1 h = | $kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | | 3.20 |
| MPts2 h = | $kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPts3 h = | $kh \cdot Pt3 \cdot (H2+H3^2/3)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPts h = | MPts1 + MPts2 + MPts3 | (kNm/m) | | 3.20 |
| - 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) | | 2.00 |
| MPts2 v = | $kv \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0,5)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPts3 v = | $kv \cdot Pt3 \cdot ((H2+H3^2/3) - (B1+B2+B3+2/3 B4) \cdot 0,5)$ | (kNm/m) | | 0.00 |
| MPts v = | MPts1 + MPts2 + MPts3 | (kNm/m) | | 2.00 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

11.2.2 SPINTE IN CONDIZIONI STATICHE

CONDIZIONE STATICA

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | | SLE | STR/GEO |
|---|--|--------|------|---------|
| - Spinta totale condizione statica | | | | |
| St = | $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$ | (kN/m) | 9.29 | 12.54 |
| Sq perm = | $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sq acc = | $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$ | (kN/m) | 9.78 | 14.66 |
| - Componente orizzontale condizione statica | | | | |
| Sth = | $St \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 8.53 | 11.51 |
| Sqh perm = | $Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sqh acc = | $Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 8.98 | 13.47 |
| - Componente verticale condizione statica | | | | |
| Stv = | $St \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 3.68 | 4.97 |
| Sqv perm = | $Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Sqv acc = | $Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 3.87 | 5.81 |
| - Spinta passiva sul dente | | | | |
| Sp = | $\frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H_d^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H_d^2 \cdot k_p + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2) \cdot H_d$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | | | SLE | STR/GEO |
|-------------|---|---------|------|---------|
| MSt1 = | $St \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | (kNm/m) | 5.69 | 7.68 |
| MSt2 = | $St \cdot B$ | (kNm/m) | 7.36 | 9.93 |
| MSq1 perm = | $Sq \text{ h perm} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MSq1 acc = | $Sq \text{ h acc} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) | 8.98 | 13.47 |
| MSq2 perm = | $Sq \text{ v perm} \cdot B$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| MSq2 acc = | $Sq \text{ v acc} \cdot B$ | (kNm/m) | 7.74 | 11.62 |
| MSp = | $\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_p / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | | |
|----------|--|---------|------|------|
| Mfext1 = | $mp + m$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mfext2 = | $(fp + f) \cdot (H_3 + H_2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |
| Mfext3 = | $(vp + v) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 |

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

11.2.3 SPINTE IN CONDIZIONI SISMICHE

CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica +

| | | SLE | STR/GEO |
|---|--------|------|---------|
| Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) | 9.29 | 9.29 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ - Sst1 \text{ stat}$ | (kN/m) | 2.42 | 2.42 |
| Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$ | (kN/m) | 2.36 | 2.36 |

- Componente orizzontale condizione sismica +

| | | | |
|---------------------------------------|--------|------|------|
| Sst1h stat = Sst1 stat * cos δ | (kN/m) | 8.53 | 8.53 |
| Sst1h sism = Sst1 sism * cos δ | (kN/m) | 2.23 | 2.23 |
| Ssq1h perm = Ssq1 perm * cos δ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1h acc = Ssq1 acc * cos δ | (kN/m) | 2.17 | 2.17 |

- Componente verticale condizione sismica +

| | | | |
|---------------------------------------|--------|------|------|
| Sst1v stat = Sst1 stat * sen δ | (kN/m) | 3.68 | 3.68 |
| Sst1v sism = Sst1 sism * sen δ | (kN/m) | 0.96 | 0.96 |
| Ssq1v perm = Ssq1 perm * sen δ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1v acc = Ssq1 acc * sen δ | (kN/m) | 0.94 | 0.94 |

- 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 |
|---|--------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

| | | SLE | STR/GEO |
|--|-----------|------|---------|
| MSst1 stat = Sst1h stat * ((H2+H3+H4+hd)/3-hd) | (kNm/m) | 5.69 | 5.69 |
| MSst1 sism = Sst1h sism * ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd) | (kNm/m) | 1.48 | 1.48 |
| MSst2 stat = Sst1v stat * B | (kNm/m) | 7.36 | 7.36 |
| MSst2 sism = Sst1v sism * B | (kNm/m) | 1.92 | 1.92 |
| MSsq1 = Ssq1h * ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd) | (kNm/m) | 2.17 | 2.17 |
| MSsq2 = Ssq1v * B | (kNm/m) | 1.87 | 1.87 |
| 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 |

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 |

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica -

| | | SLE | STR/GEO |
|--|--------|------|---------|
| Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) | 9.29 | 9.29 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^-$ - Sst1 stat | (kN/m) | 1.63 | 1.63 |
| Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$ | (kN/m) | 2.40 | 2.40 |

- Componente orizzontale condizione sismica -

| | | | |
|--|--------|------|------|
| Sst1h stat = Sst1 stat * $\cos \delta$ | (kN/m) | 8.53 | 8.53 |
| Sst1h sism = Sst1 sism * $\cos \delta$ | (kN/m) | 1.49 | 1.49 |
| Ssq1h perm = Ssq1 perm * $\cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1h acc = Ssq1 acc * $\cos \delta$ | (kN/m) | 2.21 | 2.21 |

- Componente verticale condizione sismica -

| | | | |
|--|--------|------|------|
| Sst1v stat = Sst1 stat * $\sin \delta$ | (kN/m) | 3.68 | 3.68 |
| Sst1v sism = Sst1 sism * $\sin \delta$ | (kN/m) | 0.64 | 0.64 |
| Ssq1v perm = Ssq1 perm * $\sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 |
| Ssq1v acc = Ssq1 acc * $\sin \delta$ | (kN/m) | 0.95 | 0.95 |

- 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 |
|--|--------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

| | | SLE | STR/GEO |
|---|---------|------|---------|
| MSst1 stat = Sst1h stat * $((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$ | (kNm/m) | 5.69 | 5.69 |
| MSst1 sism = Sst1h sism * $((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$ | (kNm/m) | 1.00 | 1.00 |
| MSst2 stat = Sst1v stat * B | (kNm/m) | 7.36 | 7.36 |
| MSst2 sism = Sst1v sism * B | (kNm/m) | 1.29 | 1.29 |
| MSsq1 = Ssq1h * $((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$ | (kNm/m) | 2.21 | 2.21 |
| MSsq2 = Ssq1v * B | (kNm/m) | 1.90 | 1.90 |
| 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 |

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 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

11.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

11.3.1 VERIFICA IN CONDIZIONI STATICHE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

| | | | | |
|---------------------------------------|---|---|-------------|-----------------|
| Risultante forze verticali (N) | | | | |
| N | = | $P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv\ perm} + S_{qv\ acc}$ | 81.17 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| T | = | $S_{th} + S_{qh} + f$ | 24.98 | (kN/m) |
| Coefficiente di attrito alla base (f) | | | | |
| f | = | $tg\phi'$ | 0.58 | (-) |
| Fs scorr. | | $(N \cdot f + S_p) / T$ | 1.88 | > 1.1 |

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

| | | | | |
|----------------------------|---|--|--------------|---------------|
| Momento stabilizzante (Ms) | | | | |
| Ms | = | $M_m + M_t + M_{fext3}$ | 80.60 | (kNm/m) |
| Momento ribaltante (Mr) | | | | |
| Mr | = | $M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp}$ | 1.97 | (kNm/m) |
| Fs ribaltamento | | Ms / Mr | 40.92 | > 1 |

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

| | | | | |
|--|--|-------|--------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| $N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} (+ Sovr acc)$ | | 81.17 | 111.17 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| $T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p$ | | 24.98 | 24.98 | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| $MM = \sum M$ | | 81.01 | 126.01 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| $M = X_c \cdot N - MM$ | | 0.17 | -14.83 | (kNm/m) |

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

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. | 2.50 | | (kPa) |
| ϕ_1' | angolo di attrito terreno di fondaz. | 30.00 | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 19.00 | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 19.00 | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0.00 | -0.13 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 2.00 | 1.73 | (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) | 18.40 | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$ | ($2 + \pi$ in cond. nd) | 30.14 | | (-) |
| $N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi')$ | (0 in cond. nd) | 22.40 | | (-) |

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 | 0.62 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.49 | 0.49 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cotg(\phi)))^{m+1}$ | | 0.38 | 0.37 | (-) |

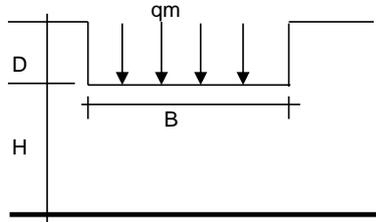
(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 379.20 | 412.58 | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} \cdot B^* / N$ | Nmin | 9.32 | > | 1.4 |
| | | Nmax | 6.43 | > | |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E \quad (\text{Christian e Carrier, 1976})$$

| | | |
|-------|-------|---------|
| N | 77.95 | (kN/m) |
| M | -3.09 | (kNm/m) |
| e=M/N | -0.04 | (m) |
| B* | 1.92 | (m) |

Profondità Piano di Posa della Fondazione

| | | |
|-------|------|-----|
| D = | 1.00 | (m) |
| D/B* | 0.52 | (m) |
| Hs/B* | 3.33 | (m) |

Carico unitario medio (qm)

$$qm = N / (B - 2*e) = N / B^* = 42.26 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0.937 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0.89 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E = 1.13 \quad (\text{mm})$$

11.3.2 VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} = 72.59 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} = 18.40 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\phi_1' = 0.58 \quad (-)$$

$$F_s = (N * f + S_p) / T = 2.28 > 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} = 80.60 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} = 13.78 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r = 5.85 > 1$$

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

| | | | | |
|---|--|-------|-------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| $N = P_m + P_t + \varphi_p + \varphi_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (Sovr\ acc)$ | | 79.06 | 83.06 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| $T = S_{st1h} + S_{sq1h} + \varphi_p + \varphi_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$ | | 19.09 | | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| $MM = \sum M$ | | 80.29 | 86.29 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| $M = X_c * N - MM$ | | -1.23 | -3.23 | (kNm/m) |

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

Fondazione Nastriforme

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

| | | | | |
|------------------------|--------------------------------------|-------|-------|----------------------|
| c' | coesione terreno di fondaz. | 2.50 | | (kN/mq) |
| φ_1' | angolo di attrito terreno di fondaz. | 30.00 | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 19.00 | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma d' H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 19.00 | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | -0.02 | -0.04 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 1.97 | 1.92 | (m) |

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

| | | | | |
|--|------------------------|-------|--|-----|
| $N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi/2) * e^{(\pi * \text{tg}(\varphi))}$ | (1 in cond. nd) | 18.40 | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi)$ | (2+ π in cond. nd) | 30.14 | | (-) |
| $N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\varphi)$ | (0 in cond. nd) | 22.40 | | (-) |

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

| | | | | |
|--|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B * c' \cot \varphi))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.61 | 0.63 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.59 | 0.60 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' \cot \varphi))^{m+1}$ | | 0.48 | 0.48 | (-) |

(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 458.58 | 459.57 | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|--------------|---|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} * B^* / N$ | Nmin | 11.42 | > | 1.2 |
| | | Nmax | 10.64 | > | |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

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

| # Superfici Calcolate | FS Bishop | |
|-----------------------|-----------|-------|
| | STATICO | 6.308 |
| 1096 | SISMICO | 3.424 |

CALCOLO

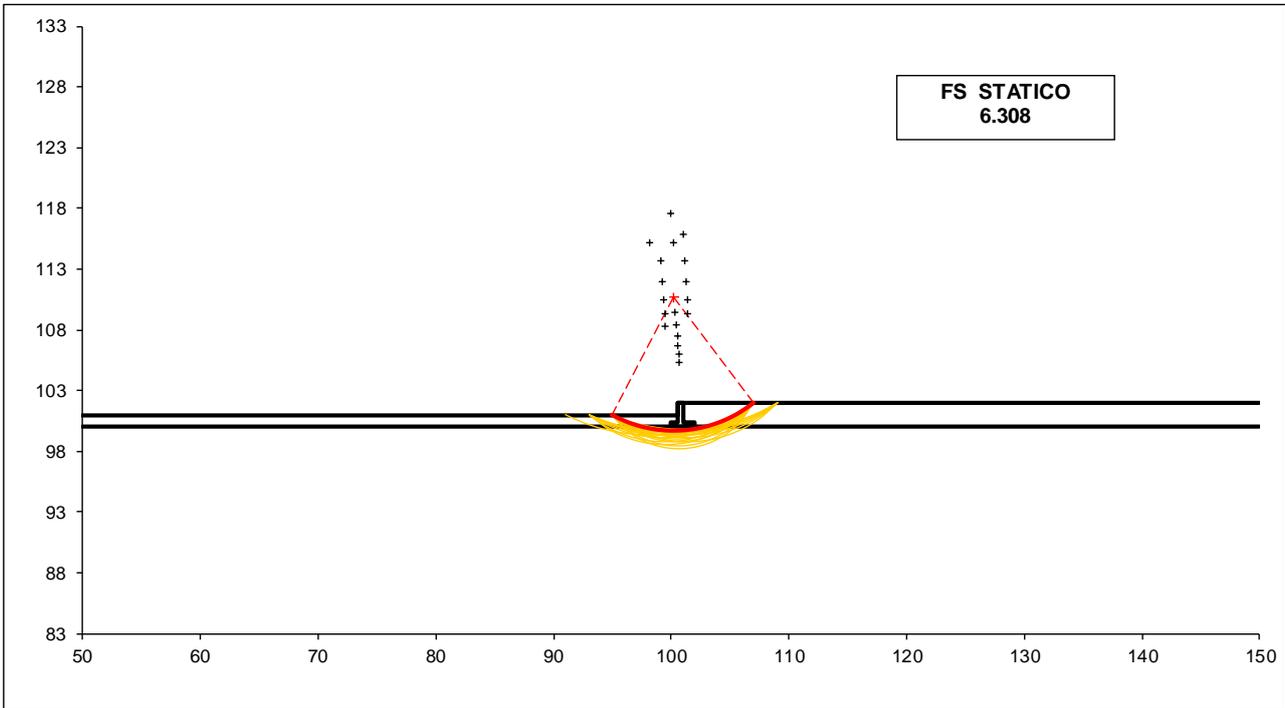
Condizione di Carico

STATICA

superfici da disegnare

20

DISEGNO



6.308>1.1 VERIFICA SODDISFATTA

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------|
|  | Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA | | | | | |
| | Relazione di calcolo muro di sostegno | PROGETTO IA5F | LOTTO 01 | CODIFICA D 78 | DOCUMENTO FA0200 001 | REV. A |

11.4.2 VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE

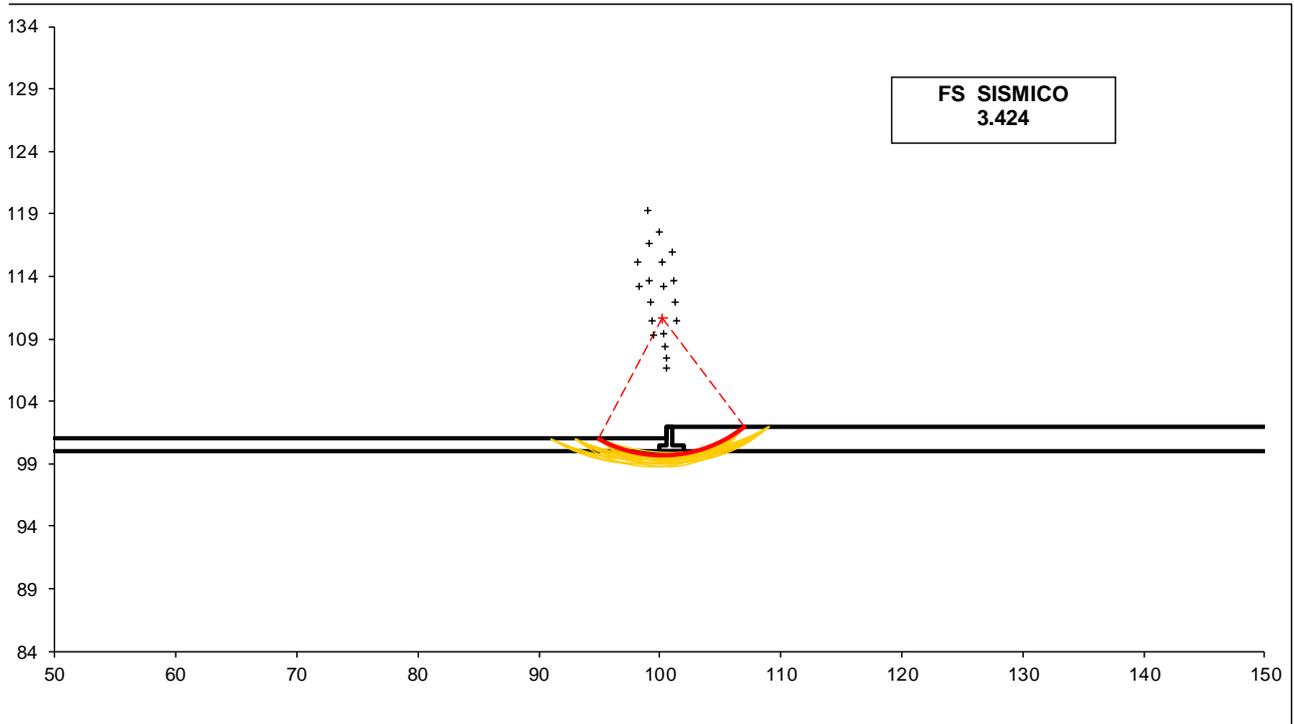
Condizione di Carico

SISMICA ▼

superfici da disegnare

20 ▼

DISEGNO



3.424 > 1.2 VERIFICA SODDISFATTA

11.5 VERIFICHE STRUTTURALI

11.5.1 CALCOLO SOLLECITAZIONI

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

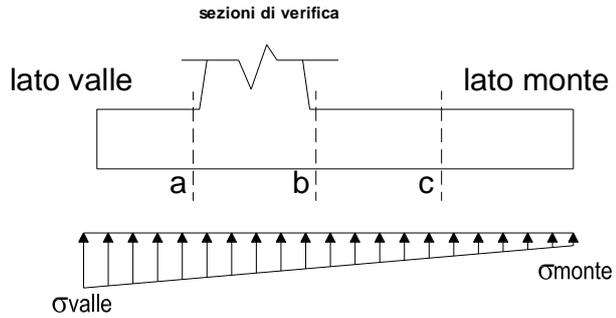
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 2.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 0.67 \text{ (m}^3\text{)}$$

| caso | N | M | σ_{valle} | σ_{monte} |
|---------|--------|--------|----------------------|----------------------|
| | [kN] | [kNm] | [kN/m ²] | [kN/m ²] |
| statico | 81.17 | 0.17 | 40.84 | 40.34 |
| | 111.17 | -14.83 | 33.34 | 77.84 |
| sisma+ | 79.06 | -1.23 | 37.68 | 41.38 |
| | 83.06 | -3.23 | 36.68 | 46.38 |
| sisma- | 72.59 | -0.49 | 35.56 | 37.03 |
| | 76.59 | -2.49 | 34.56 | 42.03 |



Mensola Lato Valle

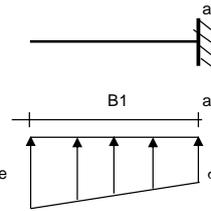
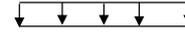
Peso Proprio. PP = 10.00 (kN/m)

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

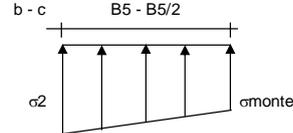
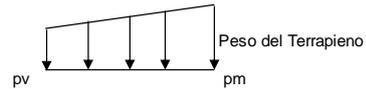
$$V_a = \sigma_1 \cdot B + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B / 2 - PP \cdot B \cdot (1 \pm kv)$$

| caso | σ_{valle} | σ_1 | M_a | V_a |
|---------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 40.84 | 40.71 | 3.85 | 15.39 |
| | 33.34 | 44.46 | 3.38 | 14.45 |
| sisma+ | 37.68 | 38.61 | 3.44 | 13.62 |
| | 36.68 | 39.11 | 3.44 | 13.12 |
| sisma- | 35.56 | 35.93 | 3.27 | 12.56 |
| | 34.56 | 36.43 | 3.15 | 12.06 |

Peso Proprio



Stv+Stq



Mensola Lato Monte

PP = 10.00 (kN/m²)

PD = 0.00 (kN/m)

peso proprio soletta fondazione
peso proprio dente

| | Nmin | N max stat | N max sism | |
|-----|-------|------------|------------|----------------------|
| pm | 30.40 | 60.40 | 34.40 | (kN/m ²) |
| pvb | 30.40 | 60.40 | 34.40 | (kN/m ²) |
| pvc | 30.40 | 60.40 | 34.40 | (kN/m ²) |

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2 - B_d/2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2/2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2/2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B/2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B/2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B/2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2 - B_d/2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2/2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2/2$$

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

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

| caso | σ_{monte} | σ_2 | M_b | V_b | σ_2 | M_c | V_c |
|---------|----------------------|----------------------|--------|--------|----------------------|-------|--------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 40.34 | 40.59 | -10.76 | -10.71 | 40.46 | -5.39 | -10.77 |
| | 77.84 | 55.59 | -10.76 | -14.46 | 66.71 | -4.92 | -9.84 |
| sisma+ | 41.38 | 39.53 | -6.28 | -7.29 | 40.45 | -2.92 | -6.20 |
| | 46.38 | 41.53 | -6.37 | -7.97 | 43.95 | -2.88 | -6.16 |
| sisma- | 37.03 | 36.29 | -6.20 | -7.24 | 36.66 | -2.85 | -6.17 |
| | 42.03 | 38.29 | -6.11 | -7.57 | 40.16 | -2.77 | -5.96 |

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

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

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

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

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

$$M_{\text{inerzia}} = \Sigma P_m \cdot b_i \cdot kh$$

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

$$N_{\text{pp+inerzia}} = \Sigma P_m \cdot (1 \pm kv)$$

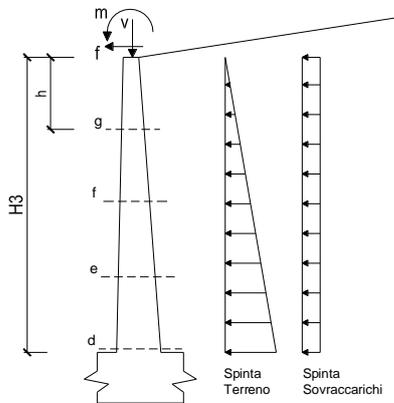
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

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

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

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

$$V_{\text{inerzia}} = \Sigma P_m \cdot kh$$



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 | 1.60 | 3.93 | 8.62 | 0.00 | 12.55 | 0.00 | 20.00 | 20.00 |
| e-e | 1.20 | 1.66 | 4.85 | 0.00 | 6.51 | 0.00 | 15.00 | 15.00 |
| f-f | 0.80 | 0.49 | 2.15 | 0.00 | 2.65 | 0.00 | 10.00 | 10.00 |
| g-g | 0.40 | 0.06 | 0.54 | 0.00 | 0.60 | 0.00 | 5.00 | 5.00 |

| sezione | h | Vt | Vq | V _{ext} | V _{tot} |
|---------|------|--------|--------|------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 1.60 | 7.37 | 10.77 | 0.00 | 18.14 |
| e-e | 1.20 | 4.14 | 8.08 | 0.00 | 12.22 |
| f-f | 0.80 | 1.84 | 5.39 | 0.00 | 7.23 |
| g-g | 0.40 | 0.46 | 2.69 | 0.00 | 3.15 |

condizione sismica +

| sezione | h | Mt _{stat} | Mt _{sism} | Mq | 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 | 1.60 | 2.91 | 0.83 | 1.39 | 0.00 | 1.40 | 6.53 | 0.00 | 20.88 | 20.88 |
| e-e | 1.20 | 1.23 | 0.35 | 0.78 | 0.00 | 0.79 | 3.15 | 0.00 | 15.66 | 15.66 |
| f-f | 0.80 | 0.36 | 0.10 | 0.35 | 0.00 | 0.35 | 1.16 | 0.00 | 10.44 | 10.44 |
| g-g | 0.40 | 0.05 | 0.01 | 0.09 | 0.00 | 0.09 | 0.23 | 0.00 | 5.22 | 5.22 |

| sezione | h | Vt _{stat} | Vt _{sism} | Vq | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|--------------------|--------------------|--------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 1.60 | 5.46 | 1.55 | 1.74 | 0.00 | 1.75 | 10.50 |
| e-e | 1.20 | 3.07 | 0.87 | 1.30 | 0.00 | 1.31 | 6.56 |
| f-f | 0.80 | 1.36 | 0.39 | 0.87 | 0.00 | 0.88 | 3.50 |
| g-g | 0.40 | 0.34 | 0.10 | 0.43 | 0.00 | 0.44 | 1.31 |

condizione sismica -

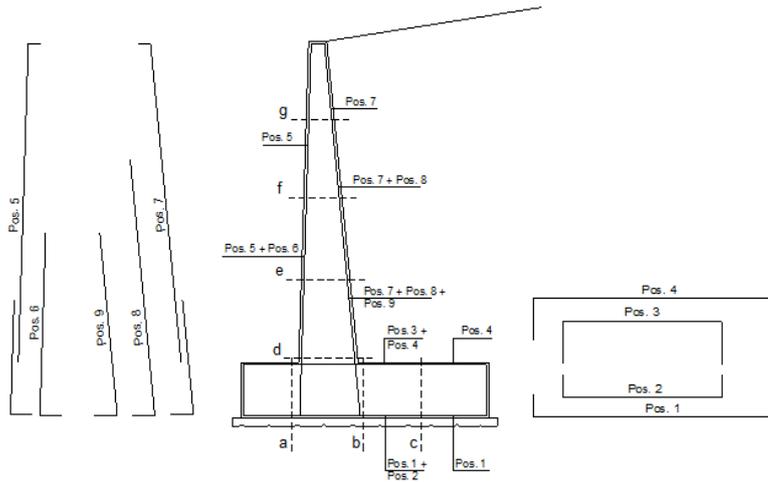
| sezione | h | Mt _{stat} | Mt _{sism} | Mq | M _{ext} | M _{inerzia} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp+inerzia} | N _{tot} |
|---------|------|--------------------|--------------------|---------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 1.60 | 2.91 | 0.56 | 1.41 | 0.00 | 1.40 | 6.28 | 0.00 | 19.12 | 19.12 |
| e-e | 1.20 | 1.23 | 0.23 | 0.79 | 0.00 | 0.79 | 3.05 | 0.00 | 14.34 | 14.34 |
| f-f | 0.80 | 0.36 | 0.07 | 0.35 | 0.00 | 0.35 | 1.14 | 0.00 | 9.56 | 9.56 |
| g-g | 0.40 | 0.05 | 0.01 | 0.09 | 0.00 | 0.09 | 0.23 | 0.00 | 4.78 | 4.78 |

| sezione | h | Vt _{stat} | Vt _{sism} | Vq | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|--------------------|--------------------|--------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 1.60 | 5.46 | 1.04 | 1.77 | 0.00 | 1.75 | 10.02 |
| e-e | 1.20 | 3.07 | 0.59 | 1.32 | 0.00 | 1.31 | 6.30 |
| f-f | 0.80 | 1.36 | 0.26 | 0.88 | 0.00 | 0.88 | 3.38 |
| g-g | 0.40 | 0.34 | 0.07 | 0.44 | 0.00 | 0.44 | 1.29 |

11.5.2 VERIFICHE SLU

Si dispone un'armatura principale, sia nel paramento verticale che nella soletta di fondazione, costituita da $\phi 24/20$ e un'armatura di ripartizione costituita da $\phi 12/25$. Il copriferro di calcolo è pari a 4 mm.

SCHEMA DELLE ARMATURE

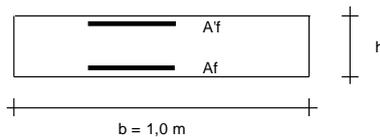


ARMATURE

| pos | n°/ml | φ | II strato | pos | n°/ml | φ | II strato |
|-----|-------|----|-----------|-----|-------|----|-----------|
| 1 | 5.0 | 24 | | 5 | 5.0 | 24 | |
| 2 | 0.0 | 0 | | 6 | 0.0 | 0 | |
| 3 | 0.0 | 0 | | 7 | 5.0 | 24 | |
| 4 | 5.0 | 24 | | 8 | 0.0 | 0 | |
| | | | | 9 | 0.0 | 0 | |

Calcola

VERIFICHE



- a-a pos 1-2-3-4
- b-b pos 1-2-3-4
- c-c pos 1-4
- d-d pos 5-6-7-8-9
- e-e pos 5-6-7-8-9
- f-f pos 5-7-8
- g-g pos 5-7

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | Mu |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|--------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (kNm) |
| a - a | 3.85 | 0.00 | 0.40 | 22.62 | 22.62 | 275.82 |
| b - b | -10.76 | 0.00 | 0.40 | 22.62 | 22.62 | 275.82 |
| c - c | -5.39 | 0.00 | 0.40 | 22.62 | 22.62 | 275.82 |
| d - d | 12.55 | 20.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 368.22 |
| e - e | 6.51 | 15.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 367.25 |
| f - f | 2.65 | 10.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 366.28 |
| g - g | 0.60 | 5.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 365.30 |

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

| Sez. | V _{Ed} | h | V _{Rd} | σ staffe | i orizz. | i vert. | θ | V _{Rsd} | |
|-------|-----------------|------|-----------------|----------|----------|---------|------|------------------|----------------------------------|
| (-) | (kN) | (m) | (kN) | (mm) | (cm) | (cm) | (°) | (kN) | |
| a - a | 15.39 | 0.40 | 196.33 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 379.49 | Armatura a taglio non necessaria |
| b - b | 14.46 | 0.40 | 196.33 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 379.49 | Armatura a taglio non necessaria |
| c - c | 10.77 | 0.40 | 196.33 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 379.49 | Armatura a taglio non necessaria |
| d - d | 18.14 | 0.50 | 223.39 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| e - e | 12.22 | 0.50 | 222.73 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| f - f | 7.23 | 0.50 | 222.06 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |
| g - g | 3.15 | 0.50 | 221.40 | 10 | 25 | 25 | 21.8 | 490.13 | Armatura a taglio non necessaria |

VERIFICATO

11.5.3 VERIFICHE SLE

VERIFICA DI TENSIONI DI ESERCIZIO

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 | 3.14 | 0.00 | 0.40 | 22.62 | 22.62 | 0.15 | 4.60 |
| b - b | -6.72 | 0.00 | 0.40 | 22.62 | 22.62 | 0.31 | 9.85 |
| c - c | -3.47 | 0.00 | 0.40 | 22.62 | 22.62 | 0.16 | 5.09 |
| d - d | 8.66 | 20.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.28 | 5.66 |
| e - e | 4.46 | 15.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.14 | 2.12 |
| f - f | 1.80 | 10.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.06 | 0.36 |
| g - g | 0.40 | 5.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.02 | -0.04 |

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 | 3.44 | 0.00 | 0.40 | 22.62 | 22.62 | 0.16 | 5.05 |
| b - b | -6.37 | 0.00 | 0.40 | 22.62 | 22.62 | 0.30 | 9.33 |
| c - c | -2.92 | 0.00 | 0.40 | 22.62 | 22.62 | 0.14 | 4.29 |
| d - d | 6.53 | 19.12 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.21 | 3.56 |
| e - e | 3.15 | 14.34 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.10 | 0.96 |
| f - f | 1.16 | 9.56 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.04 | 0.03 |
| g - g | 0.23 | 4.78 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.01 | - sez. compressa |

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

VERIFICA DI APERTURA DELLE FESSURE

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 | 3.14 | 0.00 | 0.40 | 22.62 | 22.62 | 0.15 | 4.60 | 0.004 | 0.200 |
| b - b | -6.72 | 0.00 | 0.40 | 22.62 | 22.62 | 0.31 | 9.85 | 0.009 | 0.200 |
| c - c | -3.47 | 0.00 | 0.40 | 22.62 | 22.62 | 0.16 | 5.09 | 0.005 | 0.200 |
| d - d | 8.66 | 20.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.28 | 5.66 | 0.006 | 0.200 |
| e - e | 4.46 | 15.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.14 | 2.12 | 0.002 | 0.200 |
| f - f | 1.80 | 10.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.06 | 0.36 | 0.000 | 0.200 |
| g - g | 0.40 | 5.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.02 | -0.04 | 0.000 | 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 | 2.10 | 0.00 | 0.40 | 22.62 | 22.62 | 0.10 | 3.08 | 0.003 | 0.300 |
| b - b | -1.26 | 0.00 | 0.40 | 22.62 | 22.62 | 0.06 | 1.85 | 0.002 | 0.300 |
| c - c | -0.98 | 0.00 | 0.40 | 22.62 | 22.62 | 0.05 | 1.44 | 0.001 | 0.300 |
| d - d | 2.91 | 20.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.10 | 0.28 | 0.000 | 0.300 |
| e - e | 1.23 | 15.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.05 | -0.12 | 0.000 | 0.300 |
| f - f | 0.36 | 10.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.00 | - | - | 0.300 |
| g - g | 0.05 | 5.00 | 0.50 | 22.62 | 22.62 | 0.00 | - | - | 0.300 |

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

VERIFICATO