

**S.S. 260 "PICENTE"**  
**LAVORI DI ADEGUAMENTO PLANO ALTIMETRICO  
 DELLA SEDE STRADALE**

**Lotto "3" – da San Pelino a Marana di Montereale (Aq)**  
**Convenzione di Cofinanziamento ANAS – Regione Abruzzo – Provincia di  
 L'Aquila in data 28/11/05 Rep. n°25597**

**CUP: F11B07000480001 – CIG: 665875741B**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**



Sede di Firenze  
 Viale G. Amendola n.6 int.3  
 50121 Firenze – 0552001660  
 www.politecnica.it

|   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|--|
| <b>Direttore della Progettazione<br/>Responsabile Opere stradali<br/>ed idrauliche</b><br><br>Ing. Marcello Mancone<br>Ord. ing. di Firenze<br>n.5723 | <b>Responsabile<br/>Opere Strutturali<br/>Coordinatore Sicurezza<br/>in fase di progettazione</b><br><br>Ing. Tommaso Conti<br>Ord. ing. di Pistoia<br>n.1149/A | <b>Responsabile<br/>Geologia</b><br><br>Dott. Pietro Accolti Gil<br>Ord. geol. della Toscana<br>n.728 | <b>Direttore Tecnico<br/>Responsabile<br/>Opere Impiantistiche</b><br><br>Ing. Francesco Frassinetti<br>Ord. ing. Bologna<br>n.5897/A | <b>Responsabile<br/>Ambientale</b><br><br>Arch. Maria Cristina Fregni<br>Ord. arch. di Modena<br>n.611 |
|---|---|---|---|--|

**IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**

Ing. *FRANCESCO RUOCCO*

**IMPRESA ESECUTRICE :**

Responsabile di Commessa  
 Geom. *Giacomo Giona*  
 Direttore Tecnico  
 Ing. *Mauro Martini*



**08–OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO**  
**08.2–MURI DI CONTRORIPA**

**RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO**

|  |  |                                     |                         |                           |                  |
|--|--|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|
| <b>CODICE PROGETTO</b><br><br>PROGETTO      LIV. PROG.      N. PROG.<br><b>L0718B   E   1801</b> | <b>NOME FILE</b><br><b>08.11_P00_OS00_STR_RE02_A</b> | <b>PROGR. ELAB.</b><br><b>08.11</b> | <b>REV.</b><br><b>A</b> | <b>SCALA:</b><br><b>–</b> |                  |
|  | <b>CODICE ELAB.</b> <b>P00OS00STRRE02</b>            |                                     |                         |                           |                  |
| <b>A</b>   | CONSEGNA LUGLIO 2018                                 | 07/2018                             | S.TRONCONI              | T. CONTI                  | M.MANCONE        |
| <b>REV.</b>  | <b>DESCRIZIONE</b>                                   | <b>DATA</b>                         | <b>REDATTO</b>          | <b>VERIFICATO</b>         | <b>APPROVATO</b> |

## INDICE

---

|  |    |
|--|----|
| INDICE.....  | 1  |
| 1. PREMESSA .....  | 2  |
| 2. ELABORATI DI PROGETTO.....  | 3  |
| 3. RIFERIMENTI NORMATIVI.....  | 5  |
| 4. MATERIALI .....   | 6  |
| 5. DESCRIZIONE DELLE OPERE .....   | 7  |
| 6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....   | 10 |
| 6.1. Stratigrafia di riferimento e caratteristiche meccaniche dei terreni .....  | 10 |
| 6.2. Condizioni idrauliche al contorno .....                                     | 10 |
| 7. NORMATIVA: ESITO DELLE VERIFICHE EFFETTUATE.....                              | 11 |
| 8. NORMATIVA: PROCEDURE E METODI .....   | 13 |
| 8.1. Verifica di capacità portante .....   | 13 |
| 8.2. Verifica a scorrimento e ribaltamento .....                                 | 13 |
| 8.3. Verifica di stabilità globale .....   | 14 |
| 9. ANALISI SISMICA.....  | 17 |
| 9.1. Determinazione dell'azione sismica di normativa: metodo pseudostatico ..... | 17 |
| 10. METODO DI CALCOLO E MODELLI.....   | 18 |
| 10.1. Carichi.....   | 18 |
| 10.2. Sezioni di calcolo di riferimento .....                                    | 18 |
| 11. MURO TIPO 4 – H = 3.50 m .....   | 19 |
| 12. MURO TIPO 2 – H = 2.50 m .....   | 29 |
| 13. MURO TIPO 1 – H = 1.50 m .....   | 38 |
| 14. VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE.....   | 47 |
| 15. VERIFICA UPL.....  | 53 |
| 16. VERIFICA HYD .....   | 53 |

## 1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione di calcolo di tutti i muri di controripa presenti lungo l'adeguamento piano-altimetrico della strada statale n°260 "Picente"- Lotto 3 da San Pelino a Marana di Montereale (AQ).

In particolare nel presente documento verranno affrontati i seguenti aspetti:

- richiamare la stratigrafia di progetto;
- richiamare le proprietà meccaniche dei terreni a tergo del muro e in fondazione;
- verificare la rispondenza delle opere alle prescrizioni della normativa vigente.

## 2. ELABORATI DI PROGETTO

L'analisi degli aspetti geotecnici viene condotta con riferimento ai seguenti elaborati:

|   |
|---|
| <b>08-OPERE D'ARTE MINORI - OPERE DI SOSTEGNO</b> |
| 08.2-MURI DI CONTRORIPA                           |
| RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO                    |
| SEZIONI TIPO                                      |
| SEZIONI TIPO PANNELLO PREFABBRICATO               |
| MURO DI CONTRORIPA 1                              |
| PLANIMETRIA E PROSPETTO                           |
| SEZIONI - TAV. 1/2                                |
| SEZIONI - TAV. 2/2                                |
| MURO DI CONTRORIPA 2                              |
| PLANIMETRIA E PROSPETTO                           |
| SEZIONI   |
| MURO DI CONTRORIPA 3                              |
| PLANIMETRIA E PROSPETTO                           |
| SEZIONI - TAV. 1/2                                |
| SEZIONI - TAV. 2/2                                |
| MURO DI CONTRORIPA 4                              |
| PLANIMETRIA E PROSPETTO                           |
| SEZIONI - TAV. 1/2                                |
| SEZIONI - TAV. 2/2                                |
| MURO DI CONTRORIPA 5                              |
| PLANIMETRIA E PROSPETTO                           |
| SEZIONI - TAV. 1/2                                |
| SEZIONI - TAV. 2/2                                |
| MURO DI CONTRORIPA 6                              |
| PLANIMETRIA E PROSPETTO                           |
| SEZIONI - TAV. 1/2                                |
| SEZIONI - TAV. 2/2                                |
| MURO DI CONTRORIPA 7                              |
| PLANIMETRIA E PROSPETTO                           |
| SEZIONI - TAV. 1/2                                |
| SEZIONI - TAV. 2/2                                |
| MURO DI CONTRORIPA 8                              |
| PLANIMETRIA E PROSPETTO                           |
| SEZIONI   |
| MURO DI CONTRORIPA 9                              |
| PLANIMETRIA E PROSPETTO                           |
| SEZIONI - TAV. 1/2                                |
| SEZIONI - TAV. 2/2                                |
| MURO DI CONTRORIPA 10                             |
| PLANIMETRIA E PROSPETTO                           |
| SEZIONI   |
| MURO DI CONTRORIPA 11                             |
| PLANIMETRIA E PROSPETTO                           |
| SEZIONI   |

|                         |
|-------------------------|
| MURO DI CONTRORIPA 12   |
| PLANIMETRIA E PROSPETTO |
| SEZIONI - TAV. 1/2      |
| SEZIONI - TAV. 2/2      |
| MURO DI CONTRORIPA 13   |
| PLANIMETRIA E PROSPETTO |
| SEZIONI - TAV. 1/2      |
| SEZIONI - TAV. 2/2      |
| MURO DI CONTRORIPA 14   |
| PLANIMETRIA E PROSPETTO |
| SEZIONI - TAV. 1/2      |
| SEZIONI - TAV. 2/2      |
| MURO DI CONTRORIPA 15   |
| PLANIMETRIA E PROSPETTO |
| SEZIONI - TAV. 1/2      |
| SEZIONI - TAV. 2/2      |

### 3. RIFERIMENTI NORMATIVI

La stesura della relazione viene compiuta in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle norme di seguito elencate ed ai richiami normativi in queste contenute:

- Decreto Ministero delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008 -Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n. 29 del 04/02/2008 - Suppl. Ordinario n.30)
- Circolare 2 febbraio 2009, n.617 -Nuova Circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n. 27 del 26/02/2009 – Suppl. Ordinario n. 27)
- NT\_03 D.M. 11 Marzo 1988: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- NT\_04 Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ. Dir. Centr. Tecn. N° 97/81.
- Eurocodice 7 UNI EN 1997-1:2005 - "Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole Generali"
- Eurocodice 8 UNI EN 1998-5:2002 - "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici"
- UNI EN 14490 - Lavori geotecnici speciali: Chiodatura del terreno (Soil Nailing)
- UNI EN 14475 - Lavori geotecnici speciali: Terra rinforzata - UNI EN 14487-1 – Calcestruzzo proiettato: definizioni, specificazioni e conformità - UNI EN 14487-2 – Calcestruzzo proiettato: esecuzione

#### 4. MATERIALI

Si riportano di seguito le caratteristiche meccaniche dei materiali strutturali richiamati e utilizzati nel progetto.

##### **Calcestruzzo pali: C25/30**

|  |  |                   |
|--|--|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica:            | $R_{ck} \geq 30$                                   | N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza caratteristica cilindrica:        | $f_{ck} \geq 25$                                   | N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza caratteristica a trazione         | $f_{ctk} \geq 1.82$                                | N/mm <sup>2</sup> |
| Coefficiente per resistenze di lunga durata: | $\alpha_{cc} = 0.85$                               |                   |
| Coefficiente parziale del calcestruzzo:      | $\gamma_c = 1.5$                                   |                   |
| compressione di calcolo:                     | $f_{c,cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14.17$ | N/mm <sup>2</sup> |

##### **Acciaio ordinario B450C**

|   |                                      |                   |
|---|--------------------------------------|-------------------|
| tensione di snervamento caratteristica: | $f_{s,yk} = 450$                     | N/mm <sup>2</sup> |
| tensione di rottura caratteristica:     | $f_{s,tk} = 540$                     | N/mm <sup>2</sup> |
| fattore di sicurezza acciaio:           | $\gamma = 1.15$                      |                   |
| tensione di calcolo:                    | $f_{s,yd} = f_{s,yk} / \gamma = 391$ | N/mm <sup>2</sup> |

## 5. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Lungo l'intera strada di progetto sono previsti n°15 tratti con muri di controripa di altezze variabili. In tutti i suddetti tratti i muri di controripa sono stati dimensionati secondo 4 differenti tipologie. Le pareti dei muri in oggetto sono prefabbricati e a moduli a T.

- **Sezione Tipo 4**

Muro di altezza costante  $h=3.50$  m (da estradosso fondazione) con scavo a tergo inclinato di  $70^\circ$  e realizzazione di chiodatura

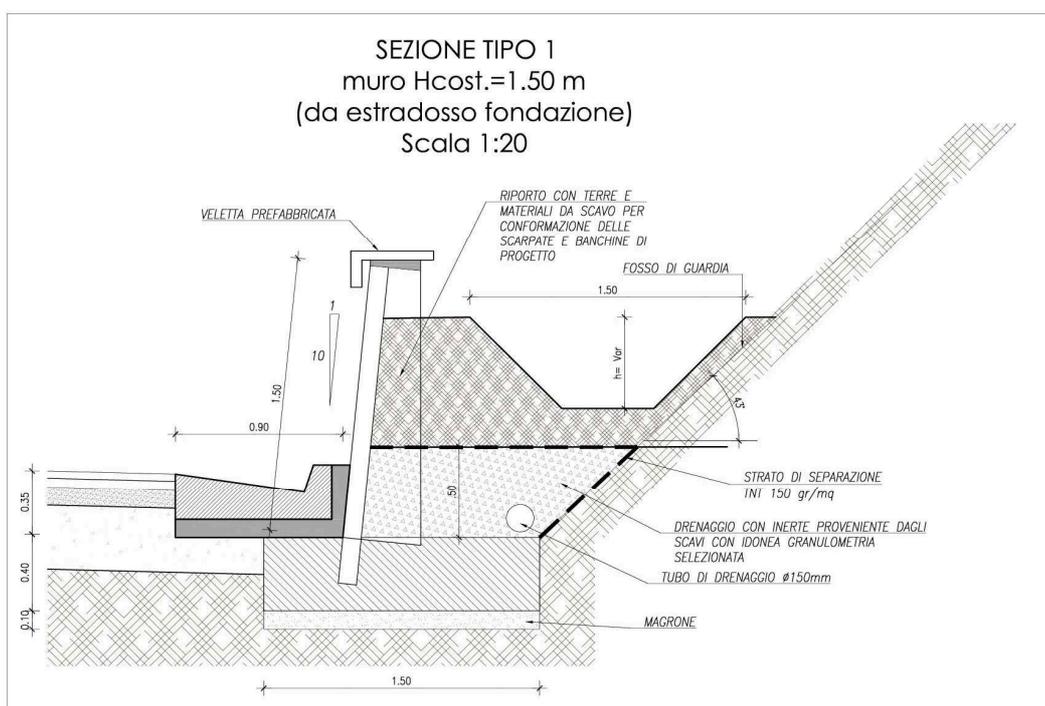


Figura 1 – Sezione tipo 4

- **Sezione Tipo 3**

Muro di altezza variabile da  $h=2.50$  m a  $h=3.50$  m (da estradosso fondazione) con scavo a tergo inclinato di  $70^\circ$  e realizzazione di chiodatura



- **Sezione Tipo 1**

Muro di altezza costante  $h=1.50$  m (da estradosso fondazione) con scavo a tergo inclinato di  $45^\circ$

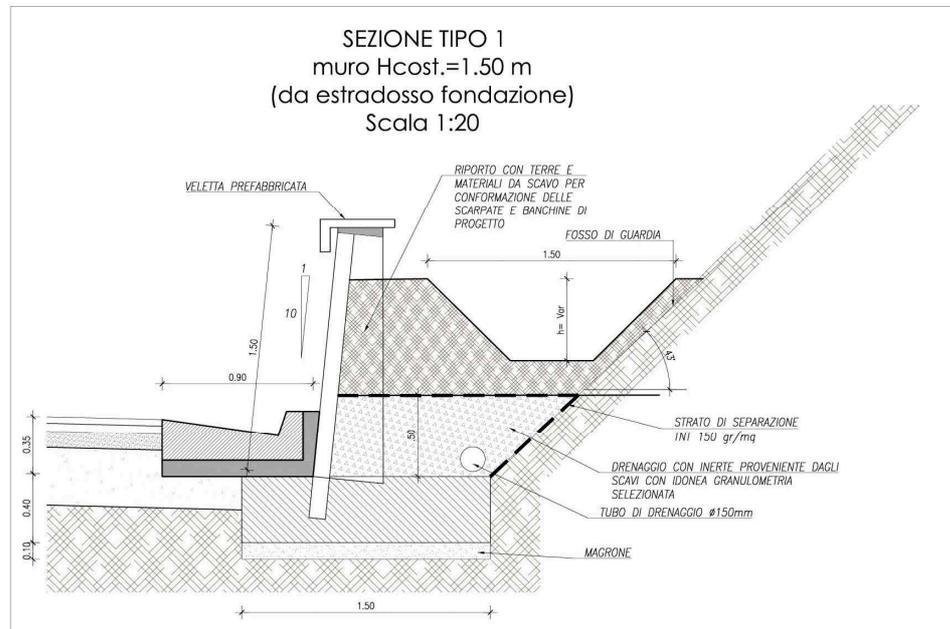


Figura 4 – Sezione tipo 1

## 6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 6.1. Stratigrafia di riferimento e caratteristiche meccaniche dei terreni

Con riferimento alle spinte agenti sui muri di controripa, a tergo delle opere sarà messo in opera un materiale di riempimento opportunamente costipato.

Le caratteristiche meccaniche assegnate al materiale di riempimento sono di seguito riportate:

- $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
- $\varphi = 35^\circ$
- $c = 0 \text{ kPa}$

Al terreno di fondazione, cautelativamente, sono stati assegnati i seguenti parametri geotecnici:

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- $\varphi = 30^\circ$
- $c = 0 \text{ kPa}$
- $E = 20 \text{ MPa}$

### 6.2. Condizioni idrauliche al contorno

La falda risulta assente entro le profondità di interesse.

## 7. NORMATIVA: ESITO DELLE VERIFICHE EFFETTUATE

Le analisi per il dimensionamento dell'opera sono svolte secondo la metodologia degli stati limite. Per la normativa vigente Le opere strutturali devono essere verificate:

- a) per gli stati limite ultimi che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni;
- b) per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese.

### VERIFICHE STATO LIMITE ULTIMO

Nelle verifiche allo **Stato Limite Ultimo** deve essere rispettata la seguente relazione:

$$E_d < R_d$$

dove  $E_d$  sono le azioni di progetto agenti sul sistema considerato,  $R_d$  la resistenza di progetto del sistema considerato. Inoltre, valgono le seguenti relazioni:

$$E_d = \gamma_E E_k \left[ F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R_k \left[ \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto  $E_d = \gamma_E E_k$ , dei parametri di progetto  $X_d = X_k / \gamma_M$  e della geometria di progetto  $a_d$ . Nella formulazione di  $R_d$  compare esplicitamente il coefficiente  $\gamma_R$  che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

Con riferimento al paragrafo al punto C.6.2.3.1 della Circolare 2 Febbraio 2009, n.617 – C.S.L.L. le verifiche svolte riguardano tutti i seguenti tipi di Stato Limite Ultimo:

- **EQU** (perdita di equilibrio della struttura, del terreno o dell'insieme terreno-struttura, considerati come corpi rigidi);
- **STR** (raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione);
- **GEO** (raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura);
- **UPL** (perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla sottospinta dell'acqua, galleggiamento);
- **HYD** (erosione e sifonamento del terreno dovuta a gradienti idraulici).

I risultati delle verifiche, come si dimostrerà nel seguito della relazione, sono i seguenti

|    |                     |                                      |
|----|---------------------|--------------------------------------|
| 1. | <b>VERIFICA EQU</b> | <b>SODDISFATTA;</b>                  |
| 2. | <b>VERIFICA STR</b> | <b>SODDISFATTA;</b>                  |
| 3. | <b>VERIFICA GEO</b> | <b>SODDISFATTA;</b>                  |
| 4. | <b>VERIFICA UPL</b> | <b>NON NECESSARIA- FALDA ASSENTE</b> |
| 5. | <b>VERIFICA HYD</b> | <b>NON NECESSARIA- FALDA ASSENTE</b> |

**VERIFICHE STATO LIMITE DI ESERCIZIO**

I principali Stati Limite di Esercizio, di cui al § 2.2 della normativa, sono elencati nel seguito:

- a) danneggiamenti locali (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- b) spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
- c) spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
- d) vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;
- e) danni per fatica che possano compromettere la durabilità;
- f) corrosione e/o eccessivo degrado dei materiali in funzione dell'ambiente di esposizione;

Nel presente caso vista la tipologia di opere sono state svolte unicamente le prime a) ed e) dal momento che

- Gli spostamenti attesi sono nulli;
- Non si prevedono vibrazioni significative sull'opera;
- Il copriferro adottato e la limitata fessurazione [vedi verifica a) ] garantiscono circa eventuali fenomeni di corrosione delle armature.

Le verifiche effettuate hanno dato il seguente esito:

|   |                              |                     |
|---|------------------------------|---------------------|
| 1 | <b>DANNEGGIAMENTI LOCALI</b> | <b>SODDISFATTA;</b> |
| 2 | <b>DANNI PER FATICA</b>      | <b>SODDISFATTA;</b> |

## 8. NORMATIVA: PROCEDURE E METODI

### 8.1. Verifica di capacità portante

La capacità portante  $P_{lim}$  delle fondazioni del muro è stata calcolata utilizzando l'espressione trinomia di Brinch Hansen, ovvero:

$$P_{lim} = 0.5 \gamma' t B' N_g S_g I_g G_g + c' N_c S_c I_c G_c + q'_o N_q S_q I_q G_q$$

dove:

$\gamma' t$  = peso di volume efficace del terreno di fondazione;

$c' \phi'$  = parametri del terreno di fondazione in condizioni drenate;

$B'$  = dimensione efficace della fondazione, funzione dell'eccentricità dei carichi.

$q'_o$  = pressione efficace litostatica verticale al livello del piano di posa della fondazione;

$N_g N_c N_q$  = Fattori di capacità portante funzione dell'angolo di resistenza al taglio  $\phi'$ ;

$S_g S_c S_q$  = Fattori di forma dipendenti dal rapporto fra le dimensioni dell'impronta della fondazione;

$I_g I_c I_q$  = Fattori di inclinazione del carico dipendenti dall'inclinazione della risultante dei carichi e dall'adesione sull'area efficace della fondazione;

$G_g G_c G_q$  = Fattori di inclinazione del piano campagna;

I calcoli, opportunamente riferiti ai valori di progetto del carico agente e dei parametri geotecnici, hanno fornito il carico limite di progetto, da confrontare con le azioni di progetto.

La verifica nei confronti dello SLU per raggiungimento del carico limite è stata svolta con riferimento alla combinazione:

$$A1+M1+R3$$

R3 è il coefficiente parziale per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo (vedi tabella 6.8.I delle NTC2008, riportata qui di seguito):

| VERIFICA                           | COEFFICIENTE PARZIALE (R1) | COEFFICIENTE PARZIALE (R2) | COEFFICIENTE PARZIALE (R3) |
|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Capacità portante della fondazione | $\gamma_R = 1,0$           | $\gamma_R = 1,0$           | $\gamma_R = 1,4$           |
| Scorrimento                        | $\gamma_R = 1,0$           | $\gamma_R = 1,0$           | $\gamma_R = 1,1$           |
| Resistenza del terreno a valle     | $\gamma_R = 1,0$           | $\gamma_R = 1,0$           | $\gamma_R = 1,4$           |

Tabella 1: Coefficienti parziali per le verifiche a carico limite delle fondazioni di muri di sostegno.

### 8.2. Verifica a scorrimento e ribaltamento

La resistenza allo scorrimento è stata calcolata moltiplicando la risultante delle forze verticali di progetto (peso delle strutture, peso del terreno a monte, carichi) per la tangente dell'angolo d'attrito di progetto.

$$F = N \cdot \tan(\phi_d)$$

La verifica nei confronti dello SLU per raggiungimento del carico limite è stata svolta con riferimento alla combinazione:

$$A1+M1+R3$$

La verifica a ribaltamento infine è stata svolta, sempre con riferimento alla combinazione

EQU+M2

confrontando la somma dei momenti ribaltanti di progetto con la somma dei momenti stabilizzanti, calcolati rispetto al punto più a valle della fondazione.

### 8.3. Verifica di stabilità globale

Le analisi di stabilità hanno seguito l'approccio indicato nelle Nuove Norme Tecniche Per Le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), adottando pertanto coefficienti riduttivi per le caratteristiche di resistenza dei terreni secondo l'approccio M2.

Per tutte le verifiche condotte è stata quindi verificata la condizione:

$$Ed \leq Rd$$

Dove per  $Ed$  si intende lo sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento critica e per  $Rd$  la resistenza al taglio disponibile.

Le Nuove Norme Tecniche prevedono inoltre che la resistenza al taglio disponibile sia ulteriormente ridotta attraverso un coefficiente  $gr$  (approccio A2+M2+R2) che nel caso di verifiche di stabilità risulta essere pari a 1.1.

Pertanto, sia le analisi statiche che quelle sismiche si ritengono superate se il coefficiente di sicurezza ottenuto dal calcolo (pari a  $Rd/Ed$ ) risulterà superiore a 1.1.

Le verifiche di stabilità con i metodi dell'equilibrio limite rispondono a requisiti di semplicità e rapidità e sono correntemente impiegate, malgrado le loro limitazioni, nella pratica professionale e nella ricerca; ognuno dei metodi disponibili fornisce un'equazione finale che permette di determinare il coefficiente di sicurezza (Tancredi, 1996).

Ogni metodo assume una serie di ipotesi semplificative così da poter rendere risolvibile il sistema di equazioni che, come vedremo, risulta essere staticamente indeterminato.

Alcuni di questi metodi sono stati risolti con metodo iterativo, vale a dire creando una procedura di calcolo che facilita la loro implementazione su macchina. Tra questi ci interessa maggiormente approfondire il metodo implementato dal programma di calcolo SLOPE/W, che è il metodo di Bishop (1955) e la sua semplificazione.

Le analisi di stabilità che adottano tali metodi sono quelle dell'equilibrio limite globale. Tale verifica si conduce esaminando un certo numero di possibili superfici di scivolamento per ricercare quella che rappresenta il rapporto minimo tra la resistenza a rottura disponibile e quella effettivamente mobilitata; il valore di questo rapporto costituisce il coefficiente di sicurezza del pendio. Scelta quindi una superficie di rottura si suddivide in concii la parte instabile, si studia dapprima l'equilibrio della singola striscia e poi si passa alla stabilità globale.

Dato l'elevato numero di incognite, ogni metodo assume delle ipotesi semplificative che rendono risolvibile il sistema e sono proprio tali ipotesi che differenziano un metodo dall'altro.

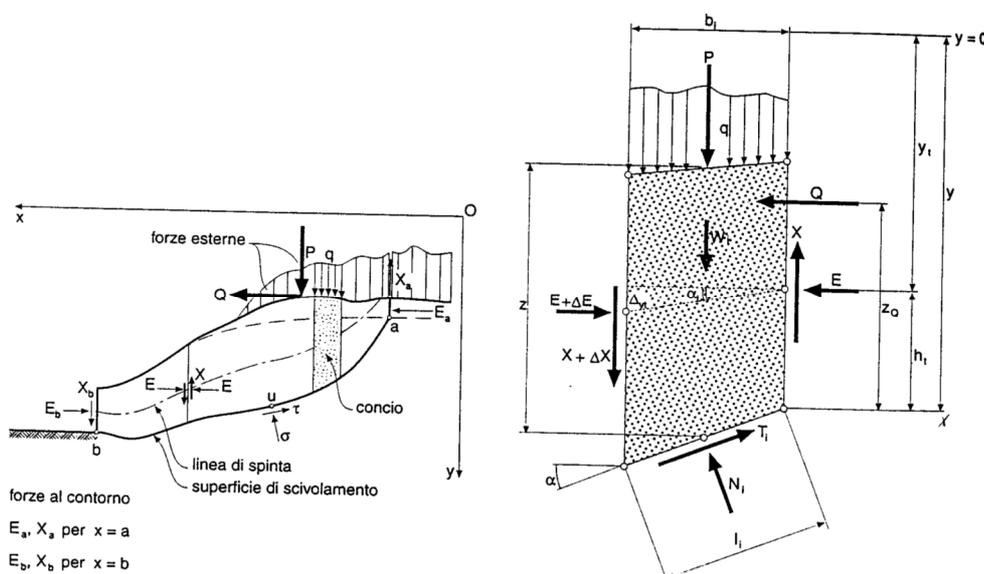
Esistono diverse formulazioni ascrivibili a diversi autori per il calcolo e la soluzione di problemi relativi alla stabilità dei pendii tramite metodi dell'equilibrio limite, tutti questi metodi si basano su ipotesi comuni, che sono:

- Il coefficiente di sicurezza è definito come il rapporto tra la resistenza al taglio lungo un'ipotetica superficie di scorrimento e lo sforzo di taglio mobilitato lungo la stessa superficie;

- La rottura avviene, per il raggiungimento della resistenza limite, contemporaneamente in tutti i punti della superficie di scorrimento;
- Il coefficiente di sicurezza è costante in tutti i punti della superficie di scorrimento;
- La resistenza al taglio è espressa dal criterio di Coulomb.

Nell'utilizzare tali metodi di calcolo si fa sempre riferimento a problemi piani nei quali, quindi, la superficie di scorrimento è rappresentata da una curva e si trascura ogni effetto dovuto alle sezioni adiacenti. Tali schematizzazioni sono giustificabili se le proprietà meccaniche dei terreni sono omogenee in direzione trasversale e quando l'estensione del pendio è predominante sulla dimensione trasversale.

In generale la massa di terreno compresa tra la superficie di scorrimento e la superficie del suolo viene suddivisa in conci e le forze che agiscono su ciascuna striscia possono essere calcolate imponendo le condizioni di equilibrio. L'equilibrio dell'intera massa è dato poi dalla composizione delle forze che agiscono su ciascuna striscia (Tancredi, 1996).



**Figura 1: Metodo delle strisce**

Le forze agenti su ciascun concio sono, con riferimento alla figura precedente: Il peso  $W$ , l'azione tangenziale alla base  $T$ , l'azione normale efficace alla base  $N$ , la spinta dell'acqua sulla base  $U$ , gli sforzi tangenziali  $X$  e quelli normali  $E$  sulle superfici laterali (forze d'interfaccia).

Le condizioni di equilibrio di ciascun concio sono date dalle tre equazioni della statica, pertanto, ammettendo di suddividere il volume di terreno in esame in  $n$  conci, si hanno a disposizione  $3n$  equazioni, mentre le incognite del problema risultano essere  $5n-2$  così composte:

- $n$  valori per l'azione delle forze normali efficaci alla base.
- $n-1$  valori per ciascuna delle forze d'interfaccia ( $X$  ed  $E$ )
- $n-1$  valori per il punto di applicazione delle forze d'interfaccia in direzione orizzontale.
- $n$  valori per il punto di applicazione degli sforzi normali efficaci alla base.
- 1 valore del coefficiente di sicurezza.

Come già accennato, dal bilancio fra le equazioni disponibili e il numero delle incognite risulta che si hanno  $2n-2$  incognite sovrabbondanti e quindi il problema risulta staticamente indeterminato, per riportarlo a staticamente determinato e rendere possibile la soluzione del sistema di equazioni che descrivono l'equilibrio della massa di terreno potenzialmente instabile, è necessario introdurre alcune ipotesi semplificative che consentono di ridurre il numero delle incognite del problema. La prima tra tutte, che risulta, tra le altre cose, comune a tutti i metodi, è quella di considerare centrata la forza agente alla base della striscia, il che è accettabile nel caso in cui i conci siano di larghezza limitata. Le altre ipotesi necessarie per risolvere il sistema di equazioni sono diverse caso per caso e sono queste stesse che caratterizzano un metodo da un altro. L'esistenza di molti metodi di calcolo porta alcune volte alla indeterminatezza della soluzione, è bene quindi sottolineare che da studi comparativi effettuati per indagare la risposta dei diversi metodi di calcolo, indicano che, quelli che soddisfano tutte le condizioni di equilibrio danno sostanzialmente gli stessi risultati in termini di coefficiente di sicurezza, o meglio che non differiscono tra loro più del 5% (Duncan,1980).

## 9. ANALISI SISMICA

### 9.1. Determinazione dell'azione sismica di normativa: metodo pseudostatico

Nell'ambito delle verifiche di stabilità condotte secondo i metodi dell'equilibrio limite, l'azione sismica può essere introdotta come una azione esterna equivalente di tipo statico, calcolabile secondo le espressioni:

$$F_H = \pm k_H W;$$

$$F_V = \pm 0,5 F_H$$

essendo  $F_H$  ed  $F_V$  rispettivamente le risultanti verticale ed orizzontale delle forze d'inerzia applicate al baricentro della massa potenzialmente instabile, e  $W$  il peso della massa stessa.

Per la determinazione del coefficiente di intensità sismica  $k_H$  le Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate il 14/01/2008, forniscono la formula seguente:

$$k_H = \beta \cdot S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

In cui la  $a_g$  è il valore di accelerazione atteso nel sito specifico per un evento sismico associabile ad un determinato tempo di ritorno; gli altri fattori rappresentano dei coefficienti correttivi rappresentativi della azione amplificativa locale, funzione principalmente della litologia e della morfologia.

Pertanto noti allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV):

$$a_g = 0.33$$

$$F_0 = 2.396$$

è possibile calcolare il coefficiente amplificativo  $S_s$  (categoria di suolo B) che risulta pari a:  $S_s = 1.084$

Per quanto concerne il fattore amplificativo  $S_T$ , rappresentativo della topografia del sito, è stato adottato un coefficiente pari a 1.2, corrispondente alla categoria T2.

Ulteriore fattore da determinare è lo smorzamento  $\beta_s$  per il quale la normativa prevede una variabilità a seconda della  $a_g$  attesa e della tipologia di terreno, secondo la seguente tabella.

**Tabella 2: variabilità del fattore di smorzamento  $\beta_s$**

|                          | Categorie di suolo di fondazione |            |
|--------------------------|----------------------------------|------------|
|                          | A                                | B, C, D, E |
|                          | $\beta_s$                        | $\beta_s$  |
| $0.2 < a_g (g) \leq 0.4$ | 0.31                             | 0.31       |
| $0.1 < a_g (g) \leq 0.2$ | 0.29                             | 0.24       |
| $a_g (g) \leq 0.1$       | 0.20                             | 0.18       |

Nel caso specifico  $\beta_s$  è pari a 0.31.

Concludendo, il coefficiente di intensità sismica da introdurre nelle verifiche di stabilità eseguite secondo il metodo pseudostatico, è dato dal prodotto dei seguenti fattori, come ricavati fin qui:

$$a_g = 0.330$$

$$S_s = 1.084$$

$$S_T = 1.20$$

$$\beta_s = 0.31$$

Risulta quindi:

- $k_H$  pari a 0.133
- $k_v$  pari a  $\pm 0.0665$

## 10. METODO DI CALCOLO E MODELLI

### 10.1. Carichi

Trattandosi di muri di controripa, non sono stati considerati carichi accidentali esterni.

### 10.2. Sezioni di calcolo di riferimento

Per il dimensionamento di utilizzano n°3 tipologie di muro.

Pertanto sono state eseguite le verifiche considerando le seguenti altezze di spinta:

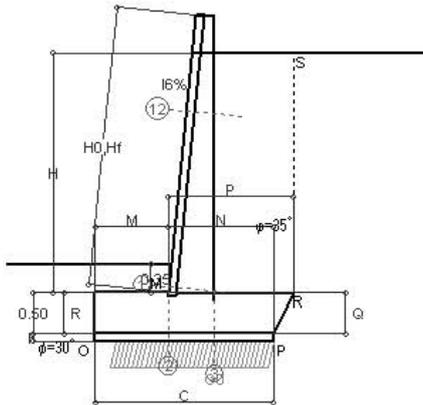
- Tipologia n°4: muro di altezza costante  $h=3.50$  m (da estradosso fondazione) con scavo a tergo inclinato di  $70^\circ$  e realizzazione di chiodatura;
- Tipologia n°3: muro di altezza variabile da  $h=2.50$  m a  $h=3.50$  m (da estradosso fondazione) con scavo a tergo inclinato di  $70^\circ$ . Verifica omessa in quanto rientra nella tipologia n°4;
- Tipologia n°2: muro di altezza variabile da  $h=1.50$  m a  $h=2.50$  m (da estradosso fondazione) con scavo a tergo inclinato di  $45^\circ$ .
- Tipologia n°1: muro di altezza costante  $h=1.50$  m (da estradosso fondazione) con scavo a tergo inclinato di  $45^\circ$ .

Nelle immagini seguenti sono riportati i dati geometrici e i parametri di input delle 3 sezioni analizzate.

**11. MURO TIPO 4 – H = 3.50 m**

**TENSITER**

Scheda 1: Approccio 1, Combinazione 1, (A1+M1+R1)



**Dati**

|                |   |                               |
|----------------|---|-------------------------------|
| $H_m = 3,48$ m | <b>Prefabbricato tipo u35CL</b>         | $H_0 = 3,50$ m                |
| $C = 2,20$ m   | Altezza della terra contro il pannello  | $H = 3,00$ m                  |
| $F = 0,10$ m   | Sovraccarico sul rilevato               | $S_0 = 0,0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $M = 0,90$ m   | Angolo d'attrito della terra            | $\psi = 35^\circ$             |
| $N = 1,30$ m   | Peso specifico della terra              | $P_0 = 18,0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1,55$ m   | Peso specifico del calcestruzzo         | $Q_0 = 25,0$ kNm <sup>3</sup> |
| $Q = 0,50$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione | $R_0 = 0,58$                  |
| $R = 0,50$ m   | Pendenza del rilev. lontano dal muro    | $\lambda_0 = 0,0\%$           |
|                | Scarpa della facciata del pannello      | $\lambda_1 = 10,0\%$          |

**Calcolo delle azioni sulla struttura**

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Coefficiente di spinta attiva della terra (formula di Rankine) | $K_1 = 0,271$           |
| agente su una sezione ideale R-S di altezza                    | $H = 3,00$ m            |
| Angolo fra la spinta su R-S e l'orizzontale                    | $\alpha_3 = 0,00^\circ$ |
| Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)      | $K_3 = 0,096$           |

**Spinte, pesi e momenti rispetto al punto O (per metro lineare)**

| COMPONENTI                             | ORIZZONTALI                    |                                | VERTICALI                       |                                 |
|--|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|  | Forze<br>KN                    | Momenti<br>KNm                 | Forze<br>KN                     | Momenti<br>KNm                  |
| Spinta della terra su sez. R-S x 1,3   | 28,5                           | 45,7                           | 0,0                             | 0,0                             |
| Peso parete prefabbricata x 1,3        | 0,0                            | 0,0                            | 15,6                            | 18,1                            |
| Peso terra e sovraccarico x 1,3=1,5    | 0,0                            | 0,0                            | 87,0                            | 158,7                           |
| Spinta della terra sulla fondaz. x 1,3 | 4,5                            | 1,3                            | 0,0                             | 0,0                             |
| Peso della fondazione x 1,3            | 0,0                            | 0,0                            | 44,9                            | 51,8                            |
| <b>TOTALI (GEO e STR)</b>              | <b><math>S_0 = 33,0</math></b> | <b><math>M_0 = 47,0</math></b> | <b><math>P_0 = 147,6</math></b> | <b><math>M_0 = 228,6</math></b> |

**Stabilità (GEO) della struttura:**

**Calcolo dei carichi agenti sulla fondazione:** poiché la risultante di tutti i carichi è più vicina al punto P che al punto O, la platea appoggia sul terreno solo sul lato interno, come è indicato nella figura. Risultato:

|  |                             |                                     |                        |
|--|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| Carico sul terreno sotto la fondazione:  | $G_0 = 147,6$ kN            | Larghezza dell'impronta d'appoggio: | $C_0 = 1,94$ m         |
| TENSIONE unitaria sul terreno sotto la fondazione secondo Meyerhoff:           |                             |                                     | $\sigma_1 = 0,076$ MPa |
| OBLIQUITA' del carico sul terreno sotto la fondazione rispetto alla verticale: |                             |                                     | $\beta = 12,6^\circ$   |
| <b>Scorrimento</b> sul piano di posa: verificato essendo                       | $R_d = 147,6 * 0,58 = 85,6$ | $> E_d = 33$                        |                        |

**Verifica delle sezioni allo s.l.u. (STR)**

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Formula di Coulomb) Freccia in cima al pannello mm  $K_0 = 0,55$   
 $K_0 = 0,204$

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1)       |                                  |              |             | Descrizione delle sezioni |                 |                      |                        |                                   |                |                    | Aree dei ferri (1)            |                 |                       |              | Sollecitazioni resistenti (1) |  |
|---------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|-------------|---------------------------|-----------------|----------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------|-------------------------------|--|
|         | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. naturale | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. traslata | $N_{Ed}$ (2) | $V_{Ed}$    | H altezza totale          | d altezza utile | B5 lato comp. presso | $b_w$ larghezza taglio | staffe $\alpha^\circ, dtg\ominus$ | X1 asse neutro | A1 lato terrapieno | A2 lato facc. e infer. platea | A4 staffe       | $M_{Rd}$ baricentrico | $V_{Rd}$     |                               |  |
|         | kNm                              | kNm                              | kN           | kN          | cm                        | cm              | cm                   | cm                     |                                   | cm             | cm <sup>2</sup>    | cm <sup>2</sup>               | cm <sup>2</sup> | kNm                   | kN           |                               |  |
| 1       | 25,2                             | <b>25,2</b>                      | 28,8         | <b>17,1</b> | 57,7                      | 49,7            | 114,0                | 14,0                   | 90°, 1,0                          | 3,89           | 7,10               | 4,52                          | 4,02            | <b>139,9</b>          | <b>64,7</b>  |                               |  |
| 2       | -4,8                             | <b>-7,4</b>                      | 13,6         | <b>38,8</b> | 50,0                      | 45,2            | 125,0                | 125,0                  | 90°, 1,0                          | 4,30           | 2,26               | 7,84                          | 15,64           | <b>-137,4</b>         | <b>248,9</b> |                               |  |
| 3       | 9,7                              | <b>15,4</b>                      | 6,0          | <b>29,1</b> | 50,0                      | 44,0            | 125,0                | 125,0                  | -                                 | 3,90           | 6,64               | 3,14                          | 3,87            | <b>112,7</b>          | <b>208,9</b> |                               |  |
| 12      | 0,2                              | <b>0,3</b>                       | 6,3          | <b>0,9</b>  | 35,6                      | 26,1            | 112,4                | 12,4                   | 73°, 1,0                          | 1,86           | 3,08               | 0,79                          | 3,96            | <b>32,1</b>           | <b>44,5</b>  |                               |  |

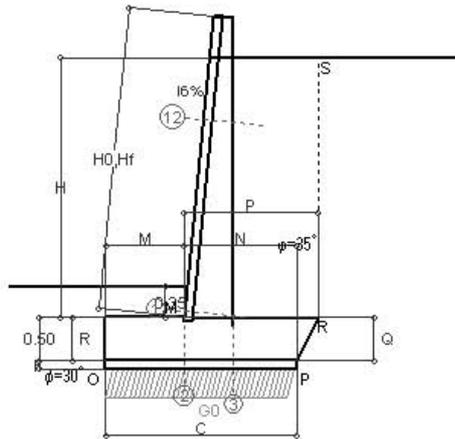
(1) Grandezze su un pannello largo 1,25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

06/06/2018

Compilato con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers 2.7.0  
 Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**TENSITER**

**Scheda 2: Approccio 1, Combinazione 2, (A2+M2+R2)**



**Dati**

|                |  |                               |
|----------------|--|-------------------------------|
| $H_m = 3,48$ m | <b>Prefabbricato tipo u35CL</b>  | $H_0 = 3,50$ m                |
| $C = 2,20$ m   | Altezza della terra contro il pannello                                   | $H = 3,00$ m                  |
| $F = 0,10$ m   | Sovraccarico sul rilevato  | $S_0 = 0,0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $M = 0,90$ m   | Angolo d'attrito della terra = $\arctan(\tan \phi / 1,25) = 29,26^\circ$ |                               |
| $N = 1,30$ m   | Peso specifico della terra   | $P_0 = 18,0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1,55$ m   | Peso specifico del calcestruzzo  | $Q_0 = 25,0$ kNm <sup>3</sup> |
| $Q = 0,50$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione                                  | $R_0 = 0,464$                 |
| $R = 0,50$ m   | Pendenza del rilev. lontano dal muro                                     | $i_0 = 0,0\%$                 |
|                | Scarpa della facciata del pannello                                       | $i_1 = 10,0\%$                |

**Calcolo delle azioni sulla struttura**

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Coefficiente di spinta attiva della terra (formula di Rankine) | $K_1 = 0,343$           |
| agente su una sezione ideale R-S di altezza                    | $H = 3,00$ m            |
| Angolo fra la spinta su R-S e l'orizzontale                    | $\alpha_0 = 0,00^\circ$ |
| Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)      | $K_3 = 0,143$           |

**Spinte, pesi e momenti rispetto al punto O (per metro lineare)**

| COMPONENTI                                 | ORIZZONTALI                    |                                | VERTICALI                       |                                 |
|--|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|  | Forze                          | Momenti                        | Forze                           | Momenti                         |
|  | KN                             | KNm                            | KN                              | KNm                             |
| Spinta della terra su sez. R-S x 1         | 27,8                           | 44,5                           | 0,0                             | 0,0                             |
| Peso parete prefabbricata x 1              | 0,0                            | 0,0                            | 12,0                            | 13,9                            |
| Peso terra e sovraccarico x1+1.3           | 0,0                            | 0,0                            | 66,9                            | 122,1                           |
| Spinta della terra sulla fondaz. x1        | 5,1                            | 1,5                            | 0,0                             | 0,0                             |
| Peso della fondazione x 1                  | 0,0                            | 0,0                            | 34,6                            | 39,9                            |
| <b>TOTALI (GEO)</b>                        | <b><math>S_0 = 32,9</math></b> | <b><math>M_0 = 46,0</math></b> | <b><math>P_0 = 113,5</math></b> | <b><math>M_0 = 175,9</math></b> |
| <b>TOTALI (EQU) con i coeff. di tab. 3</b> | <b>36,2</b>                    | <b>50,6</b>                    |                                 | <b>182,7</b>                    |

**Stabilità (GEO) della struttura:**

**Calcolo dei carichi agenti sulla fondazione:** poiché la risultante di tutti i carichi è più vicina al punto P che al punto O, la platea appoggia sul terreno solo sul lato interno, come è indicato nella figura. Risultato:

Carico sul terreno sotto la fondazione:  $G_0 = 113,5$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio  $C_0 = 2,11$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno sotto la fondazione secondo Meyerhoff  $\sigma_t = 0,054$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico sul terreno sotto la fondazione rispetto alla verticale  $\beta = 16,2^\circ$

**Scorrimento (EQU)** sul piano di posa: verificato essendo  $R_d = 113,5 * 0,464 = 52,7 > E_d = 36,2$

**Ribaltamento (EQU)** rispetto al punto O: verificato essendo  $R_d = 175,9 > E_d = 50,6$

**Verifica delle sezioni allo s.l.u.**

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Formula di Coulomb)      Freccia in cima al pannello mm  $0,56$   
 $K_0 = 0,265$

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1)       |                                   |              |             | Descrizione delle sezioni |                 |                  |                            |                                   |                |                    | Aree dei ferri (1)          |                   |                       | Sollecitazioni resistenti (1) |  |
|---------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------|---------------------------|-----------------|------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------|--|
|         | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. naturale | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. tra stata | $N_{Ed}$ (2) | $V_{Ed}$    | H altezza totale          | d altezza utile | B5 lato compreso | $b_{eff}$ larghezza taglio | staffe $\alpha^\circ, dg \ominus$ | X1 asse neutro | A1 lato terrapieno | A2 lato facc. o inf. platea | A4 staffe         | $M_{Rd}$ baricentrico | $V_{Rd}$                      |  |
|         | kN.m                             | kN.m                              | kN           | kN          | cm                        | cm              | cm               | cm                         |                                   | cm             | cm <sup>2</sup>    | cm <sup>2</sup>             | cm <sup>2</sup> m | kN.m                  | kN                            |  |
| 1       | 25,8                             | <b>25,8</b>                       | 22,9         | <b>17,7</b> | 57,7                      | 49,7            | 114,0            | 14,0                       | 90°, 1,0                          | 3,86           | 7,10               | 4,52                        | 4,02              | <b>139,2</b>          | <b>64,6</b>                   |  |
| 2       | -9,1                             | <b>-11,6</b>                      | 15,8         | <b>37,7</b> | 50,0                      | 45,2            | 125,0            | 125,0                      | 90°, 1,0                          | 4,31           | 2,26               | 7,84                        | 15,64             | <b>-137,9</b>         | <b>248,9</b>                  |  |
| 3       | 6,7                              | <b>11,9</b>                       | 7,2          | <b>26,5</b> | 50,0                      | 44,0            | 125,0            | 125,0                      | -                                 | 3,91           | 6,64               | 3,14                        | 3,87              | <b>112,9</b>          | <b>209,0</b>                  |  |
| 12      | 0,2                              | <b>0,4</b>                        | 4,9          | <b>1,0</b>  | 35,6                      | 26,1            | 112,4            | 12,4                       | 73°, 1,0                          | 1,85           | 3,08               | 0,79                        | 3,96              | <b>32,0</b>           | <b>44,5</b>                   |  |

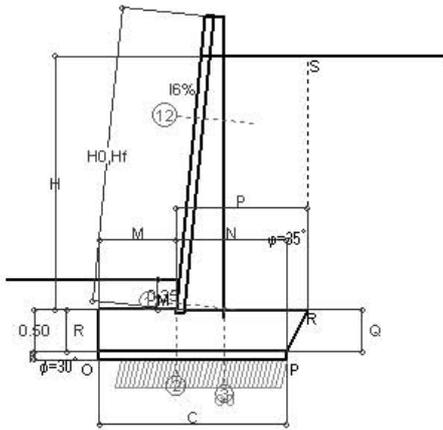
(1) Grandezze su un pannello largo 1,25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

06.06.2018

Compilato con il programma Tensiter Muri 2008® vers.2.7.0  
 Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**TENSITER**

**Scheda 3: Verifica SLE combinaz. RARA**



Spinta della terra su sez. R-S x 1  
 Peso struttura (parete+platea) x 1  
 Peso terra e sovraccarico x 1  
 Spinta della terra sulla fondaz. x 1  
 Peso della fondazione x 1  
*\*non sommati*

Totali

**Dati**

|                |   |                               |
|----------------|---|-------------------------------|
| $H_m = 3,48$ m | <b>Prefabbricato tipo</b> u35CL         | $H_0 = 3,50$ m                |
| $C = 2,20$ m   | Altezza della terra contro il pannello  | $H = 3,00$ m                  |
| $F = 0,10$ m   | Angolo d'attrito della terra            | $\phi = 35^\circ$             |
| $M = 0,90$ m   | Sovraccarico sul rilevato               | $S_0 = 0,0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $N = 1,30$ m   | Peso specifico della terra              | $P_0 = 18,0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1,55$ m   | Peso specifico del calcestruzzo         | $Q_0 = 25,0$ kNm <sup>3</sup> |
| $Q = 0,50$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione | $R_0 = 0,58$                  |
| $R =$          | Scarpa della facciata del pannello      | $i_6 = 10,0$ %                |

**Verifica statica**

Coefficiente di spinta attiva su R-S (formula di Rankine)  $K_1 = 0,271$   
 agente su una sezione ideale R-S di altezza  $H_3 = 3,00$  m  
 Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)  $K_2 = 0,096$

SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)

| COMPONENTI ORIZZONTALI          |                                 | COMPONENTI VERTICALI             |                                  |
|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Forze                           | Momenti                         | Forze                            | Momenti                          |
| KN                              | KN m                            | KN                               | KN m                             |
| 21,95                           | 35,12                           | 0,00                             | 0,00                             |
| 0,00                            | 0,00                            | 12,02                            | 13,92                            |
| 0,00                            | 0,00                            | 66,95                            | 122,08                           |
| 3,43                            | 1,03                            | 0,00                             | 0,00                             |
| 0,00                            | 0,00                            | 34,56                            | 39,87                            |
| <b><math>S_0 = 25,38</math></b> | <b><math>M_0 = 36,15</math></b> | <b><math>P_0 = 113,53</math></b> | <b><math>M_8 = 175,86</math></b> |

GRADO di stabilità al ribaltamento  $\eta_{rib} =$  Ribaltamento rispetto a 'O':  $M_8 / M_9 = 4,865$   
 GRADO di stabilità allo scorrimento  $\eta_{scorr} =$  (attriti e forze resistenti) / (spinte e forze motrici) = 2,595  
 Carico sul terreno della fondazione:  $G_0 = 113,53$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_0 = 1,94$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff  $\sigma_t = 0,059$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico rispetto al terreno di fondazione  $\beta = 12,6^\circ$

**Verifica della fessurazione<sup>(1)</sup>**

Freccia in cima al pannello mm 0,38

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Coulomb)

$K_0 = 0,204$

| SEZIONE | SOLLECITAZIONI <sup>(1)</sup> |                               |        | Larghezza di partecipazione | ALTEZZE  |         | AREA dei FERRI <sup>(1)</sup> |                             | TENSIONI           |                      | FESSURAZIONE             |                  |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|--------|-----------------------------|----------|---------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|------------------|
|         | Mom.flett. baricentr.         | Sforzo normale <sup>(2)</sup> | Taglio |                             | totale H | utile Y | lato terrapieno               | lato facciata o inf. platea | acciaio $\sigma_a$ | calcestr. $\sigma_c$ | ricopr. c+ $\Phi$ staffe | apertura fessure |
| N°      | KN m                          | KN                            | KN     | cm                          | cm       | cm      | cm <sup>2</sup>               | cm <sup>2</sup>             | Mpa                | Mpa                  | mm                       | mm               |
| 1       | 19,5                          | 22,1                          | 16,5   | 114,0                       | 57,7     | 49,0    | 8,19                          | 4,52                        | 44                 | 1,32                 | 38                       | <b>0,000</b>     |
| 2       | -3,7                          | 10,5                          | 29,9   | 125,0                       | 50,0     | 45,2    | 2,26                          | 7,84                        | 4                  | 0,21                 | 38                       | <b>0,000</b>     |
| 3       | 37,3                          | -95,2                         | 38,0   | 125,0                       | 50,0     | 44,0    | 6,64                          | 3,14                        | 210                | 2,55                 | 38                       | <b>0,000</b>     |
| 12      | 0,1                           | 4,9                           | 0,6    | 112,4                       | 35,6     | 26,1    | 3,08                          | 0,79                        | 0                  | 0,05                 | 38                       | <b>0,000</b>     |

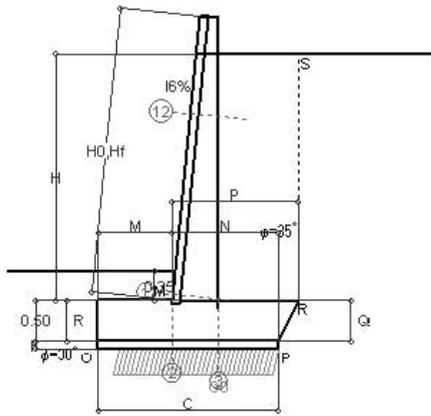
(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

Compilato con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers.2.7.0

Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**TENSITER**

**Scheda 4: Verifica SLE combinaz. FREQUENTE**



Spinta della terra su sez. R-S x 1  
 Peso struttura (parete+platea) x 1  
 Peso terra e sovraccarico x 1  
 Spinta della terra sulla fondaz. x 1  
 Peso della fondazione x 1  
*\*non sommati*

Totali

**Dati**

|                |  |                               |
|----------------|--|-------------------------------|
| $H_m = 3,48$ m | <b>Prefabbricato tipo</b> u35CL              | $H_0 = 3,50$ m                |
| $C = 2,20$ m   | Altezza della terra contro il pannello       | $H = 3,00$ m                  |
| $F = 0,10$ m   | Angolo d'attrito della terra . . . . .       | $\phi = 35^\circ$             |
| $M = 0,90$ m   | Sovraccarico sul rilevato . . . . .          | $S_0 = 0,0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $N = 1,30$ m   | Peso specifico della terra . . . . .         | $P_0 = 18,0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1,55$ m   | Peso specifico del calcestruzzo . . . . .    | $Q_0 = 25,0$ kNm <sup>3</sup> |
| $Q = 0,50$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione      | $R_0 = 0,58$                  |
| $R =$          | Scarpa della facciata del pannello . . . . . | $l_6 = 10,0$ %                |

**Verifica statica**

Coefficiente di spinta attiva su R-S (formula di Rankine)  $K_1 = 0,271$   
 agente su una sezione ideale R-S di altezza  $H_3 = 3,00$  m  
 Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)  $K_3 = 0,096$

SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)

| COMPONENTI ORIZZONTALI          |                                 | COMPONENTI VERTICALI             |                                  |
|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Forze                           | Momenti                         | Forze                            | Momenti                          |
| KN                              | KN m                            | KN                               | KN m                             |
| 21,95                           | 35,12                           | 0,00                             | 0,00                             |
| 0,00                            | 0,00                            | 12,02                            | 13,92                            |
| 0,00                            | 0,00                            | 66,95                            | 122,08                           |
| 3,43                            | 1,03                            | 0,00                             | 0,00                             |
| 0,00                            | 0,00                            | 34,56                            | 39,87                            |
| <b><math>S_0 = 25,38</math></b> | <b><math>M_0 = 36,15</math></b> | <b><math>P_0 = 113,53</math></b> | <b><math>M_8 = 175,86</math></b> |

GRADO di stabilità al ribaltamento  $\eta_{rib} = \text{Ribaltamento rispetto a 'O': } M_8 / M_9 = 4,865$   
 GRADO di stabilità allo scorrimento  $\eta_{scorr} = (\text{attriti e forze resistenti}) / (\text{spinte e forze motrici}) = 2,595$   
 Carico sul terreno della fondazione:  $G_0 = 113,53$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_8 = 1,94$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff  $\sigma_1 = 0,059$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico rispetto al terreno di fondazione  $\beta = 12,6^\circ$

**Verifica della fessurazione<sup>(1)</sup>**

Freccia in cima al pannello mm 0,38

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Coulomb)

$K_0 = 0,204$

| SEZIONE | SOLLECITAZIONI <sup>(1)</sup> |                               |        | Larghezza di partecipazione | ALTEZZE  |         | AREA dei FERRI <sup>(1)</sup> |                             | TENSIONI           |                      | FESSURAZIONE             |                  |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|--------|-----------------------------|----------|---------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|------------------|
|         | Mom.flett. baricentr.         | Sforzo normale <sup>(2)</sup> | Taglio |                             | totale H | utile Y | lato terrapieno               | lato facciata o inf. platea | acciaio $\sigma_a$ | calcestr. $\sigma_c$ | ricopr. c+ $\phi$ staffe | apertura fessure |
| N°      | KN m                          | KN                            | KN     | cm                          | cm       | cm      | cm <sup>2</sup>               | cm <sup>2</sup>             | Mpa                | Mpa                  | mm                       | mm               |
| 1       | 19,5                          | 22,1                          | 16,5   | 114,0                       | 57,7     | 49,0    | 8,19                          | 4,52                        | 44                 | 1,32                 | 38                       | <b>0,000</b>     |
| 2       | -3,7                          | 10,5                          | 29,9   | 125,0                       | 50,0     | 45,2    | 2,26                          | 7,84                        | 4                  | 0,21                 | 38                       | <b>0,000</b>     |
| 3       | 37,3                          | -95,2                         | 38,0   | 125,0                       | 50,0     | 44,0    | 6,64                          | 3,14                        | 210                | 2,55                 | 38                       | <b>0,000</b>     |
| 12      | 0,1                           | 4,9                           | 0,6    | 112,4                       | 35,6     | 26,1    | 3,08                          | 0,79                        | 0                  | 0,05                 | 38                       | <b>0,000</b>     |

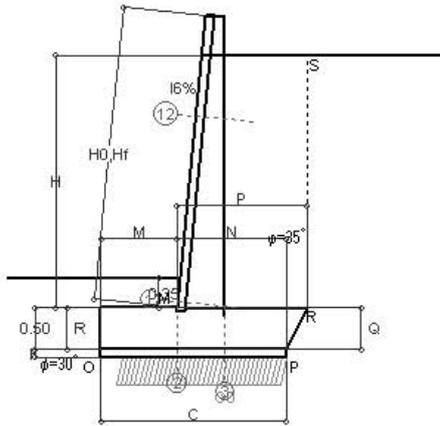
(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

Compilato con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers.2.7.0

Norma Italia D.M. 14/108

**TENSITER**

**Scheda 5: Verifica SLE combinaz QUASI PERMANENTE**



Spinta della terra su sez. R-S x 1  
 Peso struttura (parete+platea) x 1  
 Peso terra e sovraccarico x 1  
 Spinta della terra sulla fondaz. x 1  
 Peso della fondazione x 1  
*\*non sommati*

Totali

**Dati**

|                |   |                               |
|----------------|---|-------------------------------|
| $H_m = 3,48$ m | <b>Prefabbricato tipo</b> u35CL         | $H_0 = 3,50$ m                |
| $C = 2,20$ m   | Altezza della terra contro il pannello  | $H = 3,00$ m                  |
| $F = 0,10$ m   | Angolo d'attrito della terra            | $\phi = 35^\circ$             |
| $M = 0,90$ m   | Sovraccarico sul rilevato               | $S_0 = 0,0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $N = 1,30$ m   | Peso specifico della terra              | $P_0 = 18,0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1,55$ m   | Peso specifico del calcestruzzo         | $Q_0 = 25,0$ kNm <sup>3</sup> |
| $Q = 0,50$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione | $R_0 = 0,58$                  |
| $R =$          | Scarpa della facciata del pannello      | $I_6 = 10,0$ %                |

**Verifica statica**

Coefficiente di spinta attiva su R-S (formula di Rankine)  $K_1 = 0,271$   
 agente su una sezione ideale R-S di altezza  $H_0 = 3,00$  m  
 Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)  $K_0 = 0,096$

SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)

| COMPONENTI ORIZZONTALI          |                                 | COMPONENTI VERTICALI             |                                  |
|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Forze                           | Momenti                         | Forze                            | Momenti                          |
| KN                              | KN m                            | KN                               | KN m                             |
| 21,95                           | 35,12                           | 0,00                             | 0,00                             |
| 0,00                            | 0,00                            | 12,02                            | 13,92                            |
| 0,00                            | 0,00                            | 66,95                            | 122,08                           |
| 3,43                            | 1,03                            | 0,00                             | 0,00                             |
| 0,00                            | 0,00                            | 34,56                            | 39,87                            |
| <b><math>S_0 = 25,38</math></b> | <b><math>M_0 = 36,15</math></b> | <b><math>P_0 = 113,53</math></b> | <b><math>M_0 = 175,86</math></b> |

GRADO di stabilità al ribaltamento  $\eta_{rib} =$  Ribaltamento rispetto a 'O':  $M_8 / M_9 = 4,865$   
 GRADO di stabilità allo scorrimento  $\eta_{scorr} =$  (attriti e forze resistenti) / (spinte e forze motrici) = 2,595  
 Carico sul terreno della fondazione:  $G_0 = 113,53$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_0 = 1,94$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff  $\sigma_t = 0,059$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico rispetto al terreno di fondazione  $\beta = 12,6^\circ$

**Verifica della fessurazione<sup>(1)</sup>**

Freccia in cima al pannello mm 0,38

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Coulomb)  $K_0 = 0,204$

| SEZIONE | SOLLECITAZIONI <sup>(1)</sup> |                               |        | Larghezza di partecipazione | ALTEZZE  |         | AREA dei FERRI <sup>(1)</sup> |                             | TENSIONI           |                      | FESSURAZIONE                |                  |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|--------|-----------------------------|----------|---------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|------------------|
|         | Mom.flett. baricentr.         | Sforzo normale <sup>(2)</sup> | Taglio |                             | totale H | utile Y | lato terrapieno               | lato facciata o inf. platea | acciaio $\sigma_a$ | calcestr. $\sigma_c$ | ricopr. c+ $\phi_{stabile}$ | apertura fessure |
| N°      | KN m                          | KN                            | KN     | cm                          | cm       | cm      | cm <sup>2</sup>               | cm <sup>2</sup>             | Mpa                | Mpa                  | mm                          | mm               |
| 1       | 19,5                          | 22,1                          | 16,5   | 114,0                       | 57,7     | 49,0    | 8,19                          | 4,52                        | 44                 | 1,32                 | 38                          | <b>0,000</b>     |
| 2       | -3,7                          | 10,5                          | 29,9   | 125,0                       | 50,0     | 45,2    | 2,26                          | 7,84                        | 4                  | 0,21                 | 38                          | <b>0,000</b>     |
| 3       | 37,3                          | -95,2                         | 38,0   | 125,0                       | 50,0     | 44,0    | 6,64                          | 3,14                        | 210                | 2,55                 | 38                          | <b>0,000</b>     |
| 12      | 0,1                           | 4,9                           | 0,6    | 112,4                       | 35,6     | 26,1    | 3,08                          | 0,79                        | 0                  | 0,05                 | 38                          | <b>0,000</b>     |

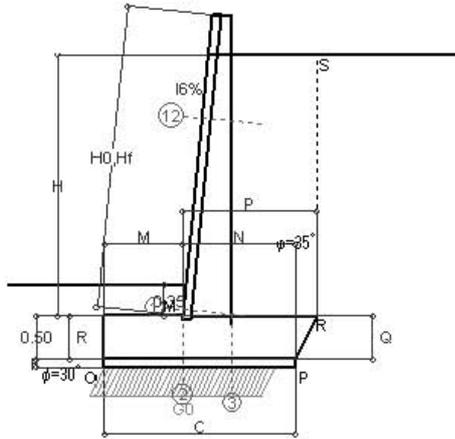
(1) Grandezze su un pannello largo 1,25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

Compilato con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers.2.7.0  
**Norma: Italia: D.M. 14/1/08**

**TENSITER**

**Scheda 6: Verifica sismica**

Comune di Montereale



Angolo di rotazione sismica  $\theta = 8,11^\circ$   
 Coefficiente sismico orizzontale  $K_h = 0,133$   
 Coefficiente sismico verticale  $K_v = 0,067$

|                |   |                              |
|----------------|---|------------------------------|
| <b>Dati</b>    | <b>Acceleraz. orizz. al suolo</b>                                     | $a_g/g = 0,33$               |
| $H_m = 3,48$ m | <b>Prefabbricato tipo u35CL</b>                                       | $H_0 = 3,50$ m               |
| $C = 2,20$ m   | Altezza della terra contro il pannello                                | $H = 3,00$ m                 |
| $F = 0,10$ m   | Sovraccarico sul rilevato (20%)                                       | $S_0 = 0,0$ kNm <sup>2</sup> |
| $M = 0,90$ m   | Angolo d'attrito della terra = $\arctan(\tan\phi/1,25) = 29,26^\circ$ | $R_0 = 0,464$                |
| $N = 1,30$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione                               | $a_{max}/g = 0,429$          |
| $P = 1,55$ m   | Accelerazione massima locale  | $\beta_m = 0,31$             |
| $Q = 0,50$ m   | Coeff. riduz. acceleraz. max attesa                                   | $i_a = 0,0\%$                |
| $U_1 = 0,0$ m  | Pendenza del rilevato vicino al muro                                  | $i_b = 0,0\%$                |
| $R = 0,50$ m   | Pendenza del rilevato lontano dal muro                                | $i_c = 0,0\%$                |
|                | Scarpa della facciata del pannello                                    | $i_e = 10,0\%$               |

**Calcolo delle azioni sul terreno**

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Coefficiente di spinta attiva della terra (Rankine con sisma) agente su una sezione ideale R-S di altezza | $K_1 = 0,403$            |
| Angolo fra la spinta su R-S e l'orizzontale   | $\alpha_3 = 19,26^\circ$ |
| Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)   | $K_3 = 0,222$            |

**SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)**

| COMPONENTI                           | ORIZZONTALI |             | VERTICALI    |              |
|--------------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
|                                      | Forze       | Momenti     | Forze        | Momenti      |
| Spinta della terra su sez. R'-S' x 1 | 30,8        | 49,3        | 10,8         | 26,4         |
| Peso parete prefabbricata x 1        | 1,6         | 3,4         | 12,0         | 13,9         |
| Peso terra e sovraccarico x 1        | 8,9         | 20,2        | 66,9         | 122,1        |
| Spinta della terra sulla fondaz. x 1 | 7,9         | 2,4         | 0,0          | 0,0          |
| Peso della fondazione x 1            | 4,6         | 3,7         | 34,6         | 39,9         |
| <b>TOTALI (GEO)</b>                  | <b>53,8</b> | <b>79,1</b> | <b>124,3</b> | <b>202,3</b> |

**TOTALI (E QU) con i coeff. di tab. 3**

|         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| $S_9 =$ | $M_9 =$ | $P_9 =$ | $M_6 =$ |
| 53,8    | 79,1    | 124,3   | 202,3   |

**Stabilità (GEO) della struttura:**

**Calcolo dei carichi agenti sulla fondazione:** poiché la risultante di tutti i carichi è più vicina al punto O che al punto P, la platea appoggia sul terreno solo sul lato esterno, come è indicato nella figura. Risultato:

Carico sul terreno sotto la fondazione:  $G_0 = 124,3$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_8 = 1,98$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff:  $\sigma_1 = 0,063$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico sulla fondazione rispetto alla verticale:  $\beta = 23,4^\circ$   
**Scorrimento** sul piano di posa: verificato essendo  $R_d = 124,3 * 0,464 = 57,7 > E_d = 53,8$   
**Ribattamento** rispetto al punto O: verificato essendo  $R_d = 202,3 > E_d = 79,1$

**Verifica delle sezioni allo s.l.u.**

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (1a formula di Mononobe-Okabe)  $K_0 = 0,364$

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1)       |                                  |              |          | Descrizione delle sezioni |                 |                  |                        |                                  |                | Aree dei ferri (1) |                             |           |                    | Sollecitazioni resistenti (1) |  |
|---------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|----------|---------------------------|-----------------|------------------|------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------|-----------|--------------------|-------------------------------|--|
|         | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. naturale | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. traslata | $N_{Ed}$ (2) | $V_{Ed}$ | H altezza totale          | d altezza utile | B5 lato compreso | $b_w$ larghezza taglio | staffe $\alpha^\circ, dtg\theta$ | X1 asse neutro | A1 lato terrapieno | A2 lato facc. o inf. platea | A4 staffe | $M_{Rd}$ biassiale | $V_{Rd}$                      |  |
| 1       | 39,5                             | 39,5                             | 26,5         | 25,9     | 57,7                      | 49,7            | 114,0            | 14,0                   | 90°, 1,0                         | 3,87           | 7,10               | 4,52                        | 4,02      | 139,6              | 62,4                          |  |
| 2       | -13,7                            | -17,5                            | 28,3         | 54,8     | 50,0                      | 45,2            | 125,0            | 125,0                  | 90°, 1,0                         | 4,39           | 2,26               | 7,84                        | 15,64     | -140,7             | 248,9                         |  |
| 3       | 11,9                             | 21,7                             | 15,7         | 49,2     | 50,0                      | 44,0            | 125,0            | 125,0                  | -                                | 3,96           | 6,64               | 3,14                        | 3,87      | 114,9              | 210,2                         |  |
| 12      | 0,8                              | 1,0                              | 5,2          | 2,0      | 35,6                      | 26,1            | 112,4            | 12,4                   | 73°, 1,0                         | 1,85           | 3,08               | 0,79                        | 3,96      | 32,0               | 44,1                          |  |

(1) Grandezze su un pannello largo 1,25 m.      06.06.2018      Compilato con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers.2.7.0  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione.      Norma: Italia: D.M.14/1.08

**Portanza della fondazione**

**Prefabbricato tipo u35CL**

**Calcolo con la formula di Brinch-Hansen 1970** (valida per terreno omogeneo e condizioni drenate)

**Dati geotecnici del terreno di fondazione:**

|            |                                  | Fondo di uno scavo di sbancamento profondo |       |                         |        |
|------------|----------------------------------|--|-------|-------------------------|--------|
| $\phi$     | Natura di terreno di fondazione  | gradi                                      | 30,0° | $\phi = \text{rad}$     | 0,5236 |
| c          | Angolo d'attrito nominale        | kN/m <sup>2</sup>                          | 0     |                         |        |
| $\gamma$   | Coesione drenata                 | kN/m <sup>3</sup>                          | 19,00 |                         |        |
| $\epsilon$ | Peso specifico                   | %  | 0,0%  | $\epsilon = \text{rad}$ | 0,0000 |
| $\epsilon$ | Inclinazione del terreno a valle |  |       |                         |        |

**Dati geometrici della fondazione:**

|            |   |   |      |                       |        |
|------------|---|---|------|-----------------------|--------|
| E          | Spessore della terra sulla fondazione         | m | 0,35 |                       |        |
| F          | Spessore della fondazione (facciata di valle) | m | 0,10 |                       |        |
| $\epsilon$ | Inclinazione del letto di posa                | % | 0,0% | $\alpha = \text{rad}$ | 0,0000 |

| Verifiche allo stato limite ultimo            |   |                   | A1+M1+R3    | A2+M2+R2                | Sisma  |
|---|---|-------------------|-------------|-------------------------|--------|
| <b>Carichi agenti sulla fondazione:</b>       |   |                   |             |                         |        |
| N   | Componente verticale (G0)   | kN/m              | 147,6       | 113,5                   | 124,3  |
| $\beta$                                       | Obliquità del carico rispetto alla verticale  | gradi             | 12,60°      | 16,18°                  | 23,42° |
| H   | Componente orizzontale = G0 * tan( $\beta$ )  | kN/m              | 33,0        | 32,9                    | 53,8   |
| B   | Larghezza del nastro di appoggio (C8)   | m                 | 1,94        | 2,11                    | 1,98   |
| <b>Dati influenzati dal tipo di verifica:</b> |   |                   |             |                         |        |
| $\Phi$  | Angolo d'attrito assunto nel calcolo  | rad               | 0,5236      | 0,4327                  | 0,4327 |
| E5  | Distanza della risultante dal bordo esterno della fondazione                            | m                 | 0,97        | 1,06                    | 0,99   |
| D   | Affondamento = E + F + Q - M * I7   | m                 | 0,95        | 0,45                    | 0,45   |
| <b>Termini della formula di Brinch-Hansen</b> |   |                   |             |                         |        |
| Profondità                                    | $= [\gamma D N_q] s_q d_q i_q b_q g_q z_q$  | kN/m <sup>2</sup> | 228,58      | 47,93                   | 27,24  |
| Coefficiente base                             | $N_q = \tan^2(45^\circ + \phi / 2) e^{\pi \tan \phi}$                                   |                   | 18,40       | 10,43                   | 10,43  |
| Inclinaz. terreno a valle                     | $g_q = (1 - \tan \epsilon)^2$   |                   | 1,00        | 1,00                    | 1,00   |
| Lunghezza del muro                            | $s_q = 1$ (fondazione nastriforme)  |                   | 1,00        | 1,00                    | 1,00   |
| Larghezza fondazione                          | $d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \times \text{se}[D < B; D/B; \text{atn}(D/B)]$ |                   | 1,14        | 1,07                    | 1,07   |
| Inclinazione letto di posa                    | $b_q = (1 - \alpha \tan \phi)^2$  |                   | 1,00        | 1,00                    | 1,00   |
| Inclinaz. della risultante                    | $i_q = (1 - H / N)^2$   |                   | 0,60        | 0,50                    | 0,32   |
| Paolucci e Pecker 1997                        | $z_q = (1 - K_h / \tan \phi)^{0,35}$  |                   | -           | -                       | 0,888  |
| Coesione                                      | $= [c N_c] s_c d_c i_c b_c g_c z_c$   | kN/m <sup>2</sup> | 0,00        | 0,00                    | 0,00   |
| Coefficiente base                             | $N_c = (N_q - 1) \cot \phi$   |                   | 30,14       | 20,42                   | 20,42  |
| Inclinaz. terreno a valle                     | $g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \phi)$   |                   | 1,00        | 1,00                    | 1,00   |
| Lunghezza del muro                            | $s_c = 1$ (fondazione nastriforme)  |                   | 1,00        | 1,00                    | 1,00   |
| Larghezza fondazione                          | $d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \phi)$   |                   | 1,15        | 1,07                    | 1,08   |
| Inclinazione letto di posa                    | $b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \phi)$   |                   | 1,00        | 1,00                    | 1,00   |
| Inclinaz. della risultante                    | $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \tan \phi)$   |                   | 0,58        | 0,45                    | 0,25   |
| Paolucci e Pecker 1997                        | $z_c = 1 - 0,34 K_h$  |                   | -           | -                       | 0,955  |
| Superficie                                    | $= [1/2 \gamma B N_\gamma] s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma$                | kN/m <sup>2</sup> | 193,16      | 75,84                   | 32,13  |
| Coefficiente base                             | $N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \phi$  |                   | 22,40       | 10,56                   | 10,56  |
| Inclinaz. terreno a valle                     | $g_\gamma = (1 - \tan \epsilon)^2$  |                   | 1,00        | 1,00                    | 1,00   |
| Lunghezza del muro                            | $s_\gamma = 1$ (fondazione nastriforme)   |                   | 1,00        | 1,00                    | 1,00   |
| Larghezza fondazione                          | $b_\gamma = (1 - \alpha \tan \phi)^2$   |                   | 1,00        | 1,00                    | 1,00   |
| Inclinazione letto di posa                    | $i_\gamma = (1 - H / N) m + 1$  |                   | 2,00        | 2,00                    | 2,00   |
|   | $m = 2$   |                   | 2,00        | 2,00                    | 2,00   |
| Paolucci e Pecker 1997                        | $z_\gamma = (1 - K_h / \tan \phi)^{0,35}$   |                   | -           | -                       | 0,888  |
| <b>Verifica della capacità portante</b>       |   |                   | Approccio 2 | Approccio 1 Combinaz. 2 |        |
| $q_{LIM}$                                     | Carico unitario limite (Meyerhof)   | Mpa               | 0,422       | 0,124                   | 0,059  |
| $\gamma_R$                                    | Coeff. per le verifiche SLU di fondazioni superficiali                                  |                   | 1,4         | 1,0                     | 1,0    |
| $C_p$   | Capacità portante, tenuto conto di $\gamma_R$   | kN                | 584,0       | 261,5                   | 117,6  |
| $G_0$   | Carico effettivo, dovuto alle forze esterne   | kN                | 147,6       | 113,5                   | 124,3  |

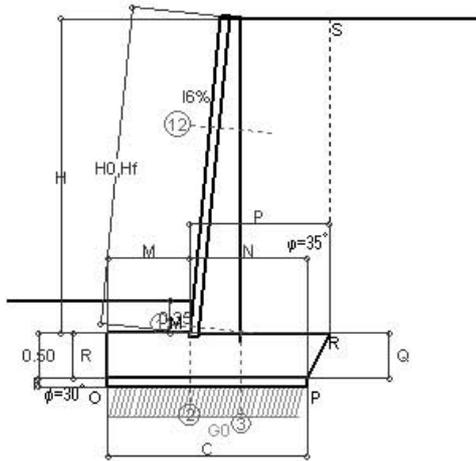
La struttura è verificata al collasso per carico limite dell'insieme fondazione terreno per l'approccio 2 (A1+M1+R3)

06/06/2018

Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**TENSITED**

**Scheda 8: A1+M1+R1 con profilo maggiorato**



**Dati**

|                |   |                               |
|----------------|---|-------------------------------|
| $H_m = 3,48$ m | <b>Prefabbricato tipo u35CL</b>         | $H_D = 3,50$ m                |
| $C = 2,20$ m   | Altezza della terra contro il pannello  | $H = 3,45$ m                  |
| $F = 0,10$ m   | Sovraccarico sul rilevato               | $S_D = 0,0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $M = 0,90$ m   | Angolo d'attrito della terra            | $\psi = 35^\circ$             |
| $N = 1,30$ m   | Peso specifico della terra              | $P_D = 18,0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1,55$ m   | Peso specifico del calcestruzzo         | $Q_D = 25,0$ kNm <sup>3</sup> |
| $Q = 0,50$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione | $R_D = 0,58$                  |
| $R = 0,50$ m   | Pendenza del rilev. lontano dal muro    | $i_g = 0,0\%$                 |
|                | Scarpa della facciata del pannello      | $i_g = 10,0\%$                |

**Calcolo delle azioni sulla struttura**

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Coefficiente di spinta attiva della terra (formula di Rankine) agente su una sezione ideale R-S di altezza | $K_1 = 0,271$           |
| Angolo fra la spinta su R-S e l'orizzontale  | $\alpha_D = 0,00^\circ$ |
| Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)  | $K_3 = 0,096$           |

**Spinte, pesi e momenti rispetto al punto O (per metro lineare)**

|  | ORIZZONTALI |             | VERTICALI    |              |
|--|-------------|-------------|--------------|--------------|
|  | Forze KN    | Momenti KNm | Forze KN     | Momenti KNm  |
| Spinta della terra su sez. R-S x 1,3   | 37,7        | 66,0        | 0,0          | 0,0          |
| Peso parete prefabbricata x 1,3        | 0,0         | 0,0         | 15,6         | 18,1         |
| Peso terra e sovraccarico x 1,3+1,5    | 0,0         | 0,0         | 100,0        | 182,4        |
| Spinta della terra sulla fondaz. x 1,3 | 5,1         | 1,5         | 0,0          | 0,0          |
| Peso della fondazione x 1,3            | 0,0         | 0,0         | 44,9         | 51,8         |
| <b>TOTALI (GEO e STR)</b>              | <b>42,8</b> | <b>67,6</b> | <b>160,5</b> | <b>252,4</b> |

**Stabilità (GEO) della struttura:**

**Calcolo dei carichi agenti sulla fondazione:** poiché la risultante di tutti i carichi è più vicina al punto P che al punto O, la platea appoggia sul terreno solo sul lato interno, come è indicato nella figura. Risultato:

Carico sul terreno sotto la fondazione:  $G_0 = 160,5$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_8 = 2,10$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno sotto la fondazione secondo Meyerhoff:  $\sigma_t = 0,077$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico sul terreno sotto la fondazione rispetto alla verticale:  $\beta = 14,9^\circ$   
 Scorrimento sul piano di posa: verificato essendo  $R_d = 160,5 * 0,58 = 93,1 > E_d = 42,8$

**Verifica delle sezioni allo s.l.u. (STR)**

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Formula di Coulomb)  $K_D = 0,204$       Freccia in cima al pannello mm: 1,15

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1)       |                                   |              |             | Descrizione delle sezioni |                 |                   |                        |  |                |                    | Aree dei ferri (1)             |                    |                       |              | Sollecitazioni resistenti (1) |  |
|---------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------|---------------------------|-----------------|-------------------|------------------------|--|----------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|-------------------------------|--|
|         | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. naturale | $M_{Edu}$ (1) sulla sez. traslata | $N_{Ed}$ (2) | $V_{Ed}$    | H altezza totale          | d altezza utile | B5 lato compresso | $b_w$ larghezza taglio | staffe $\alpha^\circ, \text{ctg } \ominus$ | X1 asse neutro | A1 lato terrapieno | A2 lato facc. o inf. r. platea | A4 staffe          | $M_{Rd}$ baricentrico | $V_{Rd}$     |                               |  |
|         | kNm                              | kNm                               | kN           | kN          | cm                        | cm              | cm                | cm                     |  | cm             | cm <sup>2</sup>    | cm <sup>2</sup>                | cm <sup>2</sup> /m | kNm                   | kN           |                               |  |
| 1       | 38,8                             | <b>38,8</b>                       | 32,2         | <b>22,2</b> | 57,7                      | 49,7            | 114,0             | 14,0                   | 90°, 1,0                                   | 3,91           | 7,10               | 4,52                           | 4,02               | <b>140,4</b>          | <b>63,8</b>  |                               |  |
| 2       | -13,4                            | <b>-17,1</b>                      | 20,3         | <b>54,3</b> | 50,0                      | 45,2            | 125,0             | 125,0                  | 90°, 1,0                                   | 4,34           | 2,26               | 7,84                           | 15,64              | <b>-138,9</b>         | <b>248,9</b> |                               |  |
| 3       | 8,5                              | <b>16,1</b>                       | 9,8          | <b>38,4</b> | 50,0                      | 44,0            | 125,0             | 125,0                  | -  | 3,93           | 6,64               | 3,14                           | 3,87               | <b>113,5</b>          | <b>209,4</b> |                               |  |
| 12      | 1,4                              | <b>1,7</b>                        | 7,3          | <b>2,8</b>  | 35,6                      | 26,1            | 112,7             | 12,7                   | 73°, 1,0                                   | 1,86           | 3,08               | 0,79                           | 3,96               | <b>32,2</b>           | <b>43,9</b>  |                               |  |

(1) Grandezze su un pannello largo 1,25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

06/06/2018

Compilato con il programma Tensiter "Muri 2008" vers 2.7.0  
 Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**MURI DI CONTRORIPA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO**

**TENSITER**

**Scheda 9 - Verifica dello spessore della parete**

**Dati:** Prefabbricato tipo u35CL

|  |                       |              |              |                   |  |                |
|--|-----------------------|--------------|--------------|-------------------|--|----------------|
| Serie del muro:                                  | <b>CL</b>             | A1+M1        | A2+M2        | Sisma             | Altezza nominale del muro H0                               | <b>3,50</b> m  |
| Coefficiente di spinta (componente orizzontale): | <b>0,204</b>          | <b>0,265</b> | <b>0,364</b> |                   | Altezza della terra spingente H                            | <b>3,00</b> m  |
| Peso specifico della terra                       | <b>18,00</b>          | <b>18,00</b> | <b>18,00</b> | kN/m <sup>3</sup> | Spessore in cima alla parete                               | <b>10,0</b> cm |
| Sovraccarico sul rilevato vicino alla parete     | <b>0,00</b>           | <b>0,00</b>  | <b>0,00</b>  | kN/m <sup>2</sup> | Spessore alla base della parete                            | <b>10,0</b> cm |
| Coefficienti moltiplicativi azioni               | $\psi_1 =$ <b>1,3</b> | <b>1,0</b>   | <b>1,0</b>   |                   | Copriferro + tolleranza posizione + raggio tondino         | <b>4,0</b> cm  |
|  | $\psi_s =$ <b>1,5</b> | <b>1,3</b>   | <b>0</b>     |                   | Diametro del ferro [13] = trasversale corto                | <b>8,0</b> mm  |
| Pressione della terra alla base della parete     | <b>14,3</b>           | <b>14,3</b>  | <b>19,7</b>  | kN/m <sup>2</sup> | Condizione più gravosa per la parete, assunta nel calcolo: | <b>Sisma</b>   |

Verifica SLU nella condizione più gravosa a ogni profondità tra A1+M1, A2+M2, Sisma. L'armatura può essere costruita in due modi:

a) Armatura costituita dai ferri [13] e [14], alternati, lontani tra loro "dist.Fe"

| z<br>m | Press<br>kN/m <sup>2</sup> | Sbalzo<br>cm | M1<br>kN.m | T1<br>kN | H1 <sub>min</sub><br>cm | Y1<br>cm | dist.Fe<br>cm | A1<br>cm <sup>2</sup> /m | braccio<br>cm | Mrd*<br>kN.m | M1/Mrd | Trd*<br>kN | T1/Trd |
|--------|----------------------------|--------------|------------|----------|-------------------------|----------|---------------|--------------------------|---------------|--------------|--------|------------|--------|
| 1      | 3,3                        | 55,9         | 0,51       | 1,8      | 10,00                   | 6,0      | 20            | 2,51                     | 5,65          | 5,56         | 0,092  | 36,0       | 0,051  |
| 2      | 9,8                        | 55,4         | 1,51       | 5,4      | 10,00                   | 6,0      | 18            | 2,79                     | 5,61          | 6,13         | 0,246  | 37,3       | 0,146  |
| 3      | 16,4                       | 54,8         | 2,46       | 9,0      | 10,00                   | 6,0      | 15            | 3,35                     | 5,54          | 7,26         | 0,339  | 39,6       | 0,227  |

\*Mrd e Trd sono calcolati con il DM 14/1/2008 Con l'EC2 Trd cresce del 9% circa

b) Armatura costituita dalla rete  $\Phi 8$  passo 20 cm e dai ferri [13] lontani tra loro "dist.Fe"

N.B. La distanza "dist.Fe" archiviata nella tabella è quella per le serie NM e NP. Per avere il calcolo per la serie NL spostare la colonna citata di una cella verso il ba

| z<br>m | Press<br>kN/m <sup>2</sup> | Sbalzo<br>cm | M1<br>kN.m | T1<br>kN | H1 <sub>min</sub><br>cm | Y1<br>cm | dist.Fe<br>cm | A1<br>cm <sup>2</sup> /m | braccio<br>cm | Mrd*<br>kN.m | M1/Mrd | Trd*<br>kN | T1/Trd |
|--------|----------------------------|--------------|------------|----------|-------------------------|----------|---------------|--------------------------|---------------|--------------|--------|------------|--------|
| 1      | 3,3                        | 55,9         | 0,51       | 1,8      | 10,00                   | 6,0      | -             | 2,51                     | 5,65          | 5,56         | 0,092  | 36,0       | 0,051  |
| 2      | 9,8                        | 55,4         | 1,51       | 5,4      | 10,00                   | 6,0      | 100           | 3,02                     | 5,58          | 6,59         | 0,229  | 38,2       | 0,142  |
| 3      | 16,4                       | 54,8         | 2,46       | 9,0      | 10,00                   | 6,0      | 50            | 3,52                     | 5,51          | 7,59         | 0,324  | 40,2       | 0,223  |

**Significato delle colonne delle tabelle**

Tutte le grandezze riportate in una riga si riferiscono alla verifica di una sezione di incastro dell'ala della parete sulla costola

z Profondità della sezione su cui è fatta la verifica rispetto alla cima nominale del muro

Press Pressione della terra sulla parete. E' calcolata senza dedurre la riduzione di spinta per l'effetto arco della terra, dovuto all'attrito sui fianchi delle nervature, Esso porterebbe a una riduzione del 15%-50%.

Sbalzo Lunghezza dello sbalzo, cioè distanza della sezione dal bordo della parete.

M1 Momento flettente della sezione d'incastro sulla nervatura, dovuto alla spinta della terra sulla parete amplificata dai coefficienti  $\psi$  moltiplicativi delle azioni

T1 Sforzo di taglio, calcolato tenendo conto dei coefficienti amplificativi delle azioni, senza tenere conto delle riduzioni come piastra

H1<sub>min</sub> Altezza effettiva della sezione incastrata

Y1 Altezza utile della sezione incastrata. Y1 tiene conto di una tolleranza di 6 mm sullo spessore H1<sub>min</sub> e di un copriferro cfp = 30 mm.

dist.Fe Distanza tra i ferri [13] e [14], se non c'è la rete, o tra i soli ferri [14] che si aggiungono alla rete

A1 Area dell'armatura sulla fascia alta 1 metro che sta sopra la sezione in esame

x1 Distanza dell'asse neutro dal lembo compresso

Mrd Momento resistente di calcolo.

M1/Mrd Rapporto tra momento delle forze esterne (amplificate dai coefficienti  $\psi$ ), e il momento resistente ultimo. La formattazione condizionale segnala l'eventuale insufficienza.

Trd Taglio resistente di calcolo.

T1/Trd Rapporto tra il taglio delle forze esterne (amplificate dai coefficienti  $\psi$ ), e il taglio resistente ultimo. La formattazione condizionale segnala l'eventuale insufficienza.

Compilato

con il programma Tensiter "Muri 2008" vers 2.7.0

Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**Portanza della fondazione**

**Prefabbricato tipo u35CL**

**Calcolo con la formula di Brinch-Hansen 1970** (valida per terreno omogeneo e condizioni drenate)

**Dati geotecnici del terreno di fondazione:**

|          |                                  | Fondo di uno scavo di sbancamento profondo |       |                                |
|----------|----------------------------------|--|-------|--------------------------------|
| $\phi$   | Angolo d'attrito nominale        | gradi                                      | 30.0° | $\phi = \text{rad}$ 0.5236     |
| c        | Coesione drenata                 | kN/m <sup>2</sup>                          | 0     |                                |
| $\gamma$ | Peso specifico                   | kN/m <sup>3</sup>                          | 19.00 |                                |
| $i_v$    | Inclinazione del terreno a valle | %  | 0.0%  | $\epsilon = \text{rad}$ 0.0000 |

**Dati geometrici della fondazione:**

|       |   |   |      |                              |
|-------|---|---|------|------------------------------|
| E     | Spessore della terra sulla fondazione         | m | 0.35 |                              |
| F     | Spessore della fondazione (facciata di valle) | m | 0.10 |                              |
| $i_7$ | Inclinazione del letto di posa                | % | 0.0% | $\alpha = \text{rad}$ 0.0000 |

| Verifiche allo stato limite ultimo  |   |                   | A1+M1+R3    | A2+M2+R2                | Sisma  |
|---|---|-------------------|-------------|-------------------------|--------|
| <b>Carichi agenti sulla fondazione:</b>   |   |                   |             |                         |        |
| N   | Componente verticale (G0)   | kN/m              | 147.6       | 113.5                   | 124.3  |
| $\beta$   | Obliquità del carico rispetto alla verticale  | gradi             | 12.60°      | 16.18°                  | 23.42° |
| H   | Componente orizzontale = G0 * tan( $\beta$ )  | kN/m              | 33.0        | 32.9                    | 53.8   |
| B   | Larghezza del nastro di appoggio (C8)   | m                 | 1.94        | 2.11                    | 1.98   |
| <b>Dati influenzati dal tipo di verifica:</b>   |   |                   |             |                         |        |
| $\Phi$  | Angolo d'attrito assunto nel calcolo  | rad               | 0.5236      | 0.4327                  | 0.4327 |
| E5  | Distanza della risultante dal bordo esterno della fondazione                            | m                 | 0.97        | 1.06                    | 0.99   |
| D   | Affondamento = E + F + Q - M * I7   | m                 | 0.95        | 0.45                    | 0.45   |
| <b>Termini della formula di Brinch-Hansen</b>   |   |                   |             |                         |        |
| <b>Profondità</b>   | $= [\gamma D N_q] s_q d_q i_q b_q g_q z_q$  | kN/m <sup>2</sup> | 228.58      | 47.93                   | 27.24  |
| Coefficiente base   | $N_q = \tan^2(45^\circ + \Phi / 2) e^{\pi \tan \Phi}$                                   |                   | 18.40       | 10.43                   | 10.43  |
| Inclinaz. terreno a valle   | $g_q = (1 - \tan \epsilon)^2$   |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Lunghezza del muro  | $s_q = 1$ (fondazione nastriforme)  |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Larghezza fondazione  | $d_q = 1 + 2 \tan \Phi (1 - \sin \Phi)^2 \times \text{se}[D < B; D/B; \text{atn}(D/B)]$ |                   | 1.14        | 1.07                    | 1.07   |
| Inclinazione letto di posa  | $b_q = (1 - \alpha \tan \Phi)^2$  |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Inclinaz. della risultante  | $i_q = (1 - H / N)^2$   |                   | 0.60        | 0.50                    | 0.32   |
| Paolucci e Pecker 1997  | $z_q = (1 - K_h / \tan \Phi)^{0.35}$  |                   | -           | -                       | 0.888  |
| <b>Coesione</b>   | $= [c N_c] s_c d_c i_c b_c g_c z_c$   | kN/m <sup>2</sup> | 0.00        | 0.00                    | 0.00   |
| Coefficiente base   | $N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$   |                   | 30.14       | 20.42                   | 20.42  |
| Inclinaz. terreno a valle   | $g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \Phi)$   |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Lunghezza del muro  | $s_c = 1$ (fondazione nastriforme)  |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Larghezza fondazione  | $d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \Phi)$   |                   | 1.15        | 1.07                    | 1.08   |
| Inclinazione letto di posa  | $b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \Phi)$   |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Inclinaz. della risultante  | $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \tan \Phi)$   |                   | 0.58        | 0.45                    | 0.25   |
| Paolucci e Pecker 1997  | $z_c = 1 - 0.34 K_h$  |                   | -           | -                       | 0.955  |
| <b>Superficie</b>   | $= [1/2 \gamma B N_\gamma] s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma$                | kN/m <sup>2</sup> | 193.16      | 75.84                   | 32.13  |
| Coefficiente base   | $N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \Phi$  |                   | 22.40       | 10.56                   | 10.56  |
| Inclinaz. terreno a valle   | $g_\gamma = (1 - \tan \epsilon)^2$  |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Lunghezza del muro  | $s_\gamma = 1$ (fondazione nastriforme)   |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Larghezza fondazione  | $b_\gamma = (1 - \alpha \tan \Phi)^2$   |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Inclinazione letto di posa  | $i_\gamma = (1 - H / N)m + 1$   |                   | 0.47        | 0.36                    | 0.18   |
|   | $m = 2$   |                   | 2.00        | 2.00                    | 2.00   |
| Paolucci e Pecker 1997  | $z_\gamma = (1 - K_h / \tan \Phi)^{0.35}$   |                   | -           | -                       | 0.888  |
| <b>Verifica della capacità portante</b>   |   |                   | Approccio 2 | Approccio 1 Combinaz. 2 |        |
| $q_{LIM}$   | Carico unitario limite (Meyerhof)   | Mpa               | 0.422       | 0.124                   | 0.059  |
| $\gamma_R$  | Coeff. per le verifiche SLU di fondazioni superficiali                                  |                   | 1.4         | 1.0                     | 1.0    |
| $C_p$   | Capacità portante, tenuto conto di $\gamma_R$   | kN                | 584.0       | 261.5                   | 117.6  |
| $G_0$   | Carico effettivo, dovuto alle forze esterne   | kN                | 147.6       | 113.5                   | 124.3  |
| <b>La struttura è verificata al collasso per carico limite dell'insieme fondazione terreno per l'approccio 2 (A1+M1+R3)</b> |   |                   |             |                         |        |

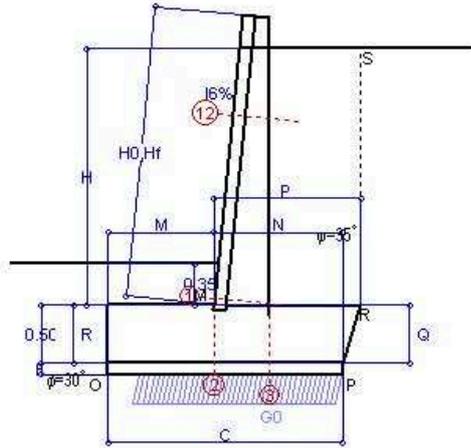
06/06/2018

Norma: Italia: D.M. 14/1/08

12. MURO TIPO 2 – H = 2.50 m

**TENSITER**

Scheda 1: Approccio 1, Combinazione 1, (A1+M1+R1)



**Dati**

|                |   |                               |
|----------------|---|-------------------------------|
| $H_m = 2.49$ m | Prefabbricato tipo u25CL                | $H_0 = 2.50$ m                |
| $C = 2.00$ m   | Altezza della terra contro il pannello  | $H = 2.20$ m                  |
| $F = 0.10$ m   | Sovraccarico sul rilevato               | $S_0 = 0.0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $M = 0.90$ m   | Angolo d'attrito della terra            | $\phi = 35^\circ$             |
| $N = 1.10$ m   | Peso specifico della terra              | $P_0 = 18.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1.25$ m   | Peso specifico del calcestruzzo         | $Q_0 = 25.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $Q = 0.50$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione | $R_0 = 0.58$                  |
| $R = 0.50$ m   | Pendenza del rilev. lontano dal muro    | $i_a = 0.0\%$                 |
|                | Scarpa della facciata del pannello      | $i_b = 10.0\%$                |

**Calcolo delle azioni sulla struttura**

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Coefficiente di spinta attiva della terra (formula di Rankine) | $K_1 = 0.271$           |
| agente su una sezione ideale R-S di altezza                    | $H = 2.20$ m            |
| Angolo fra la spinta su R-S e l'orizzontale                    | $\alpha_3 = 0.00^\circ$ |
| Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)      | $K_3 = 0.148$           |

**Spinte, pesi e momenti rispetto al punto O (per metro lineare)**

|  | ORIZZONTALI                    |                                | VERTICALI                       |                                 |
|--|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|  | Forze                          | Momenti                        | Forze                           | Momenti                         |
|  | KN                             | KNm                            | KN                              | KNm                             |
| Spinta della terra su sez. R-S x 1.3   | 15.3                           | 20.5                           | 0.0                             | 0.0                             |
| Peso parete prefabbricata x 1.3        | 0.0                            | 0.0                            | 10.8                            | 11.9                            |
| Peso terra e sovraccarico x 1.3 + 1.5  | 0.0                            | 0.0                            | 50.9                            | 84.0                            |
| Spinta della terra sulla fondaz. x 1.3 | 5.2                            | 1.6                            | 0.0                             | 0.0                             |
| Peso della fondazione x 1.3            | 0.0                            | 0.0                            | 40.2                            | 41.5                            |
| <b>TOTALI (GEO e STR)</b>              | <b><math>S_3 = 20.5</math></b> | <b><math>M_3 = 22.0</math></b> | <b><math>P_3 = 101.9</math></b> | <b><math>M_3 = 137.5</math></b> |

**Stabilità (GEO) della struttura:**

**Calcolo dei carichi agenti sulla fondazione:** poiché la risultante di tutti i carichi è più vicina al punto P che al punto O, la platea appoggia sul terreno solo sul lato interno, come è indicato nella figura. Risultato:

Carico sul terreno sotto la fondazione:  $G_0 = 101.9$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_0 = 1.74$  m

TENSIONE unitaria sul terreno sotto la fondazione secondo Meyerhoff:  $\sigma = 0.059$  MPa

OBLIQUITA' del carico sul terreno sotto la fondazione rispetto alla verticale:  $\beta = 11.4^\circ$

**Scorrimiento** sul piano di posa: verificato essendo  $R_d = 101.9 * 0.58 = 59.1 > E_d = 20.5$

**Verifica delle sezioni allo s.l.u. (STR)**

Freccia in cima al pannello mm: 0.23

Le sollecitazioni sono calcolate in base al coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Formula di Coulomb)  $K_0 = 0.204$

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1)       |                                   |              |             | Descrizione delle sezioni |                 |                   |                        |                                  |                |                     | Aree dei ferri (1)            |                    |                       | Sollecitazioni resistenti (1) |  |
|---------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------|---------------------------|-----------------|-------------------|------------------------|----------------------------------|----------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|--|
|         | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. naturale | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. tra slata | $N_{Ed}$ (2) | $V_{Ed}$    | H altezza totale          | d altezza utile | B5 lato compresso | $b_w$ larghezza taglio | staffe $\alpha^\circ, ctg\theta$ | X1 asse neutro | A1 lato terra pieno | A2 lato facc. o infer. platea | A4 staffe          | $M_{Rd}$ baricentrico | $V_{Rd}$                      |  |
|         | kNm                              | kNm                               | kN           | kN          | cm                        | cm              | cm                | cm                     |                                  | cm             | cm <sup>2</sup>     | cm <sup>2</sup>               | cm <sup>2</sup> /m | kNm                   | kN                            |  |
| 1       | 9.9                              | <b>9.9</b>                        | 18.0         | <b>9.0</b>  | 47.7                      | 40.2            | 114.0             | 14.0                   | 90°, 1.0                         | 2.85           | 4.18                | 3.14                          | 4.02               | <b>68.3</b>           | <b>53.5</b>                   |  |
| 2       | -1.6                             | <b>-3.2</b>                       | 9.4          | <b>24.7</b> | 50.0                      | 45.2            | 125.0             | 125.0                  | -                                | 3.82           | 2.26                | 6.15                          | 11.17              | <b>-108.3</b>         | <b>213.3</b>                  |  |
| 3       | 2.6                              | <b>5.9</b>                        | 5.7          | <b>16.7</b> | 50.0                      | 44.0            | 125.0             | 125.0                  | -                                | 3.71           | 5.93                | 3.14                          | 3.66               | <b>101.1</b>          | <b>208.8</b>                  |  |
| 12      | 0.1                              | <b>0.1</b>                        | 4.2          | <b>0.5</b>  | 31.9                      | 22.4            | 112.4             | 12.4                   | 73°, 1.0                         | 1.48           | 2.26                | 0.50                          | 3.96               | <b>20.4</b>           | <b>38.3</b>                   |  |

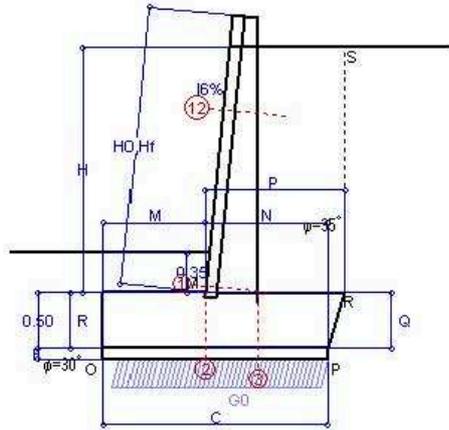
(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

06/06/2018

Compilato con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers.2.7.0  
 Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**TENSITER**

Scheda 2: Approccio 1, Combinazione 2, (A2+M2+R2)



**Dati**

|                |   |                               |
|----------------|---|-------------------------------|
| $H_m = 2.49$ m | Prefabbricato tipo u25CL  | $H_o = 2.50$ m                |
| $C = 2.00$ m   | Altezza della terra contro il pannello                            | $H = 2.20$ m                  |
| $F = 0.10$ m   | Sovraccarico sul rilevato   | $S_o = 0.0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $M = 0.90$ m   | Angolo d'attrito della terra = $atn(\tan\phi/1.25) = 29.26^\circ$ | $P_o = 18.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $N = 1.10$ m   | Peso specifico della terra  | $Q_o = 25.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1.25$ m   | Peso specifico del calcestruzzo                                   | $R_o = 0.464$                 |
| $Q = 0.50$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione                           | $i_g = 0.0\%$                 |
| $R = 0.50$ m   | Pendenza del rilev. lontano dal muro                              | $i_b = 10.0\%$                |
|                | Scarpa della facciata del pannello                                |                               |

**Calcolo delle azioni sulla struttura**

|  |                    |
|--|--------------------|
| Coefficiente di spinta attiva della terra (formula di Rankine) | $K_1 = 0.343$      |
| agente su una sezione ideale R-S di altezza                    | $H = 2.20$ m       |
| Angolo fra la spinta su R-S e l'orizzontale                    | $O_2 = 0.00^\circ$ |
| Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)      | $K_3 = 0.204$      |

**Spinte, pesi e momenti rispetto al punto O (per metro lineare)**

| COMPONENTI                                 | ORIZZONTALI                    |                                | VERTICALI                      |                                 |
|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
|  | Forze                          | Momenti                        | Forze                          | Momenti                         |
|  | kN                             | kN m                           | kN                             | kN m                            |
| Spinta della terra su sez. R-S x 1         | 15.0                           | 19.9                           | 0.0                            | 0.0                             |
| Peso parete prefabbricata x 1              | 0.0                            | 0.0                            | 8.3                            | 9.2                             |
| Peso terra e sovraccarico x1+1.3           | 0.0                            | 0.0                            | 39.1                           | 64.6                            |
| Spinta della terra sulla fondaz. x 1       | 5.5                            | 1.6                            | 0.0                            | 0.0                             |
| Peso della fondazione x 1                  | 0.0                            | 0.0                            | 30.9                           | 31.9                            |
| <b>TOTALI (GEO)</b>                        | <b><math>S_o = 20.5</math></b> | <b><math>M_o = 21.6</math></b> | <b><math>P_o = 78.4</math></b> | <b><math>M_g = 105.7</math></b> |
| <b>TOTALI (EQU) con i coeff. di tab. 3</b> | <b>22.5</b>                    | <b>23.8</b>                    |                                | <b>108.1</b>                    |

**Stabilità (GEO) della struttura:**

Calcolo dei carichi agenti sulla fondazione: poiché la risultante di tutti i carichi è più vicina al punto P che al punto O, la platea appoggia sul terreno solo sul lato interno, come è indicato nella figura. Risultato:

Carico sul terreno sotto la fondazione:  $G_0 = 78.4$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_8 = 1.85$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno sotto la fondazione secondo Meyerhoff:  $C_1 = 0.042$  MPa  
 OBBLIQUITA' del carico sul terreno sotto la fondazione rispetto alla verticale:  $\beta = 14.6^\circ$

Scorrimento (EQU) sul piano di posa: verificato essendo

$R_d = 78.4 * 0.464 = 36.4 > E_d = 22.5$

Ribaltamento (EQU) rispetto al punto O: verificato essendo

$R_d = 105.7 > E_d = 23.8$

**Verifica delle sezioni allo s.l.u.**

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Formula di Coulomb)      Freccia in cima al pannello mm:  $0.24$   
 $K_0 = 0.265$

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1)      |                                 |              |             | Descrizione delle sezioni |                 |                  |                        |                       |                |                    | Aree dei ferri (1)          |                    |                       |              | Sollecitazioni resistenti (1) |  |
|---------|---------------------------------|---------------------------------|--------------|-------------|---------------------------|-----------------|------------------|------------------------|-----------------------|----------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|-------------------------------|--|
|         | $M_{Ed}$ (1) sulla sez naturale | $M_{Ed}$ (1) sulla sez traslata | $N_{Ed}$ (2) | $V_{Ed}$    | H altezza totale          | d altezza utile | B5 lato compreso | $b_w$ larghezza taglio | staffe $\alpha, cty@$ | X1 asse neutro | A1 lato terrapieno | A2 lato face. o inf. platea | A4 staffe          | $M_{Rd}$ baricentrico | $V_{Rd}$     |                               |  |
|         | kN.m                            | kN.m                            | kN           | kN          | cm                        | cm              | cm               | cm                     |                       | cm             | cm <sup>2</sup>    | cm <sup>2</sup>             | cm <sup>2</sup> /m | kN.m                  | kN           |                               |  |
| 1       | 10.1                            | <b>10.1</b>                     | 14.2         | <b>9.4</b>  | 47.7                      | 40.2            | 114.0            | 14.0                   | 90°, 1.0              | 2.83           | 4.18               | 3.14                        | 4.02               | <b>67.9</b>           | <b>53.5</b>  |                               |  |
| 2       | -3.8                            | <b>-5.3</b>                     | 10.4         | <b>23.0</b> | 50.0                      | 45.2            | 125.0            | 125.0                  | -                     | 3.83           | 2.26               | 6.15                        | 11.17              | <b>-108.5</b>         | <b>213.4</b> |                               |  |
| 3       | 1.4                             | <b>4.3</b>                      | 6.2          | <b>14.9</b> | 50.0                      | 44.0            | 125.0            | 125.0                  | -                     | 3.71           | 5.93               | 3.14                        | 3.66               | <b>101.2</b>          | <b>208.9</b> |                               |  |
| 12      | 0.1                             | <b>0.2</b>                      | 3.3          | <b>0.5</b>  | 31.9                      | 22.4            | 112.4            | 12.4                   | 73°, 1.0              | 1.47           | 2.26               | 0.50                        | 3.96               | <b>20.3</b>           | <b>38.3</b>  |                               |  |

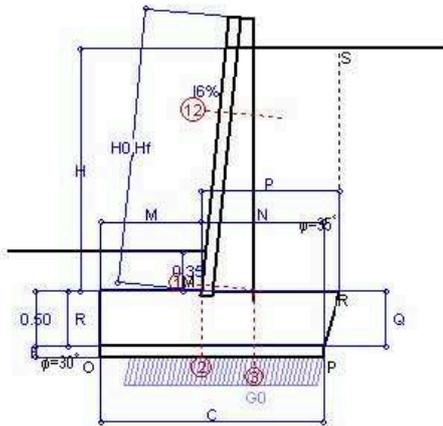
(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

06/06/2018

Compilato con il programma Tensiter "Muri 2008" vers.2.7.0  
 Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**TENSITER**

**Scheda 3: Verifica SLE combinaz. RARA**



Spinta della terra su sez. R-S x 1  
 Peso struttura (parete+platea) x 1  
 Peso terra e sovraccarico x 1  
 Spinta della terra sulla fondaz. x 1  
 Peso della fondazione x 1  
*\*non sommati*

Totali

**Dati**

|                |   |                               |
|----------------|---|-------------------------------|
| $H_m = 2.49$ m | <b>Prefabbricato tipo</b> u25CL         | $H_0 = 2.50$ m                |
| $C = 2.00$ m   | Altezza della terra contro il pannello  | $H = 2.20$ m                  |
| $F = 0.10$ m   | Angolo d'attrito della terra            | $\phi = 35^\circ$             |
| $M = 0.90$ m   | Sovraccarico sul rilevato               | $S_0 = 0.0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $N = 1.10$ m   | Peso specifico della terra              | $P_0 = 18.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1.25$ m   | Peso specifico del calcestruzzo         | $Q_0 = 25.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $Q = 0.50$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione | $R_0 = 0.58$                  |
| $R =$          | Scarpa della facciata del pannello      | $i_6 = 10.0$ %                |

**Verifica statica**

Coefficiente di spinta attiva su R-S (formula di Rankine)  $K_1 = 0.271$   
 agente su una sezione ideale R-S di altezza  $H_3 = 2.20$  m  
 Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)  $K_3 = 0.148$

SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)

| COMPONENTI ORIZZONTALI          |                                 | COMPONENTI VERTICALI            |                                  |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Forze                           | Momenti                         | Forze                           | Momenti                          |
| KN                              | KN m                            | KN                              | KN m                             |
| 11.80                           | 15.74                           | 0.00                            | 0.00                             |
| 0.00                            | 0.00                            | 8.33                            | 9.17                             |
| 0.00                            | 0.00                            | 39.15                           | 64.65                            |
| 4.00                            | -1.20                           | 0.00                            | 0.00                             |
| 0.00                            | 0.00                            | 30.94                           | 31.92                            |
| <b><math>S_0 = 15.81</math></b> | <b><math>M_0 = 16.94</math></b> | <b><math>P_0 = 78.41</math></b> | <b><math>M_0 = 105.74</math></b> |

GRADO di stabilità al ribaltamento  $\eta_{nb} = \text{Ribaltamento rispetto a 'O': } M_8 / M_9 = 6.242$   
 GRADO di stabilità allo scorrimento  $\eta_{scorr} = (\text{attriti e forze resistenti}) / (\text{spinte e forze motrici}) = 2.877$   
 Carico sul terreno della fondazione:  $G_0 = 78.41$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_0 = 1.74$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff  $\sigma_t = 0.045$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico rispetto al terreno di fondazione  $\beta = 11.4^\circ$

**Verifica della fessurazione<sup>(1)</sup>**

Freccia in cima al pannello mm 0.16

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Coulomb)

$K_0 = 0.204$

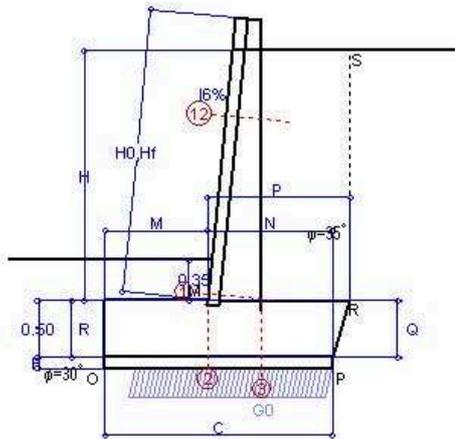
| SEZIONE | SOLLECITAZIONI <sup>(1)</sup> |                               |        | Larghezza di partecipazione | ALTEZZE  |         | AREA dei FERRI <sup>(1)</sup> |                             | TENSIONI           |                      | FESSURAZIONE              |                  |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|--------|-----------------------------|----------|---------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|---------------------------|------------------|
|         | Mom.flett. baricentr.         | Sforzo normale <sup>(2)</sup> | Taglio |                             | totale H | utile Y | lato terrapieno               | lato facciata o inf. platea | acciaio $\sigma_a$ | calcestr. $\sigma_c$ | ricopr. $C+\Phi_{stafte}$ | apertura fessure |
| N°      | KN m                          | KN                            | KN     | cm                          | cm       | cm      | cm <sup>2</sup>               | cm <sup>2</sup>             | Mpa                | Mpa                  | mm                        | mm               |
| 1       | 7.6                           | 13.8                          | 8.5    | 114.0                       | 47.7     | 39.2    | 4.98                          | 3.14                        | 33                 | 0.94                 | 38                        | <b>0.000</b>     |
| 2       | -1.3                          | 7.2                           | 19.0   | 125.0                       | 50.0     | 45.2    | 2.26                          | 6.15                        | 0                  | 0.05                 | 38                        | <b>0.000</b>     |
| 3       | 34.9                          | -101.6                        | 28.8   | 125.0                       | 50.0     | 44.0    | 5.93                          | 3.14                        | 232                | 2.44                 | 38                        | <b>0.000</b>     |
| 12      | 0.1                           | 3.2                           | 0.3    | 112.4                       | 31.9     | 22.4    | 2.26                          | 0.50                        | 0                  | 0.03                 | 38                        | <b>0.000</b>     |

(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m...  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

Compilato con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers.2.7.0  
**Norma: Italia: D.M. 14/1/08**

**TENSITER**

**Scheda 4: Verifica SLE combinaz. FREQUENTE**



Spinta della terra su sez. R-S x 1  
 Peso struttura (parete+platea) x 1  
 Peso terra e sovraccarico x 1  
 Spinta della terra sulla fondaz. x 1  
 Peso della fondazione x 1  
*\*non sommati*

Totali

**Dati**

|                |   |                               |
|----------------|---|-------------------------------|
| $H_m = 2.49$ m | <b>Prefabbricato tipo</b> u25CL         | $H_0 = 2.50$ m                |
| $C = 2.00$ m   | Altezza della terra contro il pannello  | $H = 2.20$ m                  |
| $F = 0.10$ m   | Angolo d'attrito della terra            | $\varphi = 35^\circ$          |
| $M = 0.90$ m   | Sovraccarico sul rilevato               | $S_0 = 0.0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $N = 1.10$ m   | Peso specifico della terra              | $P_0 = 18.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1.25$ m   | Peso specifico del calcestruzzo         | $Q_0 = 25.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $Q = 0.50$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione | $R_0 = 0.58$                  |
| $R =$          | Scarpa della facciata del pannello      | $i_6 = 10.0$ %                |

**Verifica statica**

Coefficiente di spinta attiva su R-S (formula di Rankine)  $K_1 = 0.271$   
 agente su una sezione ideale R-S di altezza  $H_3 = 2.20$  m  
 Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)  $K_3 = 0.148$

SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)

| COMPONENTI ORIZZONTALI          |                                 | COMPONENTI VERTICALI            |                                  |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Forze                           | Momenti                         | Forze                           | Momenti                          |
| KN                              | KN m                            | KN                              | KN m                             |
| 11.80                           | 15.74                           | 0.00                            | 0.00                             |
| 0.00                            | 0.00                            | 8.33                            | 9.17                             |
| 0.00                            | 0.00                            | 39.15                           | 64.65                            |
| 4.00                            | 1.20                            | 0.00                            | 0.00                             |
| 0.00                            | 0.00                            | 30.94                           | 31.92                            |
| <b><math>S_0 = 15.81</math></b> | <b><math>M_0 = 16.94</math></b> | <b><math>P_0 = 78.41</math></b> | <b><math>M_0 = 105.74</math></b> |

GRADO di stabilità al ribaltamento  $\eta_{rib} = \text{Ribaltamento rispetto a 'O': } M_8 / M_9 = 6.242$   
 GRADO di stabilità allo scorrimento  $\eta_{scor} = (\text{attriti e forze resistenti}) / (\text{spinte e forze motrici}) = 2.877$   
 Carico sul terreno della fondazione:  $G_0 = 78.41$  KN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_0 = 1.74$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff  $\sigma_1 = 0.045$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico rispetto al terreno di fondazione  $\beta = 11.4^\circ$

**Verifica della fessurazione<sup>(1)</sup>**

Freccia in cima al pannello mm 0.16

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Coulomb)

$K_0 = 0.204$

| SEZIONE | SOLLECITAZIONI <sup>①</sup> |                             |        | Larghezza di partecipazione | ALTEZZE  |         | AREA dei FERRI <sup>①</sup> |                             | TENSIONI           |                      | FESSURAZIONE             |                  |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|--------|-----------------------------|----------|---------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|------------------|
|         | Mom.flett. baricentr.       | Sforzo normale <sup>②</sup> | Taglio |                             | totale H | utile Y | lato terrapieno             | lato facciata o inf. platea | acciaio $\sigma_a$ | calcestr. $\sigma_c$ | ricopr. C+ $\Phi$ staffe | apertura fessure |
| N°      | KN m                        | KN                          | KN     | cm                          | cm       | cm      | cm <sup>2</sup>             | cm <sup>2</sup>             | Mpa                | Mpa                  | mm                       | mm               |
| 1       | 7.6                         | 13.8                        | 8.5    | 114.0                       | 47.7     | 39.2    | 4.98                        | 3.14                        | 33                 | 0.94                 | 38                       | <b>0.000</b>     |
| 2       | -1.3                        | 7.2                         | 19.0   | 125.0                       | 50.0     | 45.2    | 2.26                        | 6.15                        | 0                  | 0.05                 | 38                       | <b>0.000</b>     |
| 3       | 34.9                        | -101.6                      | 28.8   | 125.0                       | 50.0     | 44.0    | 5.93                        | 3.14                        | 232                | 2.44                 | 38                       | <b>0.000</b>     |
| 12      | 0.1                         | 3.2                         | 0.3    | 112.4                       | 31.9     | 22.4    | 2.26                        | 0.50                        | 0                  | 0.03                 | 38                       | <b>0.000</b>     |

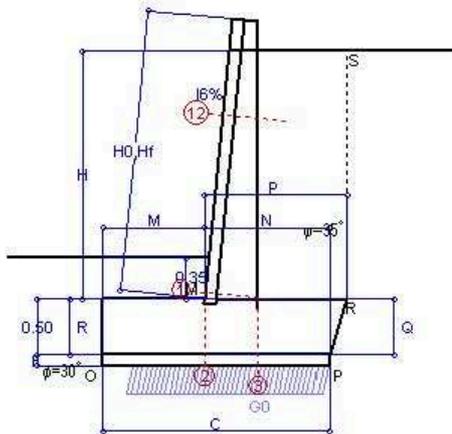
(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

Compilato con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers.2.7.0

Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**TENSITER**

**Scheda 5: Verifica SLE combinaz QUASI PERMANENTE**



Spinta della terra su sez. R-S x 1  
 Peso struttura (parete+platea) x 1  
 Peso terra e sovraccarico x 1  
 Spinta della terra sulla fondaz. x 1  
 Peso della fondazione x 1  
*\*non sommati*

**Dati**

|                |   |                               |
|----------------|---|-------------------------------|
| $H_m = 2.49$ m | <b>Prefabbricato tipo</b> u25CL         | $H_g = 2.50$ m                |
| $C = 2.00$ m   | Altezza della terra contro il pannello  | $H = 2.20$ m                  |
| $F = 0.10$ m   | Angolo d'attrito della terra            | $\varphi = 35^\circ$          |
| $M = 0.90$ m   | Sovraccarico sul rilevato               | $S_g = 0.0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $N = 1.10$ m   | Peso specifico della terra              | $P_g = 18.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1.25$ m   | Peso specifico del calcestruzzo         | $Q_g = 25.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $Q = 0.50$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione | $R_g = 0.58$                  |
| $R =$          | Scarpa della facciata del pannello      | $l_g = 10.0$ %                |

**Verifica statica**

Coefficiente di spinta attiva su R-S (formula di Rankine)  $K_1 = 0.271$   
 agente su una sezione ideale R-S di altezza  $H_g = 2.20$  m  
 Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)  $K_3 = 0.148$

SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)

| COMPONENTI ORIZZONTALI          |                                 | COMPONENTI VERTICALI            |                                  |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Forze                           | Momenti                         | Forze                           | Momenti                          |
| KN                              | KN m                            | KN                              | KN m                             |
| 11.80                           | 15.74                           | 0.00                            | 0.00                             |
| 0.00                            | 0.00                            | 8.33                            | 9.17                             |
| 0.00                            | 0.00                            | 39.15                           | 64.65                            |
| 4.00                            | 1.20                            | 0.00                            | 0.00                             |
| 0.00                            | 0.00                            | 30.94                           | 31.92                            |
| <b><math>S_g = 15.81</math></b> | <b><math>M_g = 16.94</math></b> | <b><math>P_g = 78.41</math></b> | <b><math>M_g = 105.74</math></b> |

GRADO di stabilità al ribaltamento  $\eta_{rib} = \text{Ribaltamento rispetto a 'O': } M_8 / M_9 = 6.242$   
 GRADO di stabilità allo scorrimento  $\eta_{scorr} = (\text{attriti e forze resistenti}) / (\text{spinte e forze motrici}) = 2.877$   
 Carico sul terreno della fondazione:  $G_0 = 78.41$  KN      Larghezza dell'impronta d'appoggio  $C_g = 1.74$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff  $\sigma_t = 0.045$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico rispetto al terreno di fondazione  $\beta = 11.4^\circ$

**Verifica della fessurazione<sup>(1)</sup>**

Freccia in cima al pannello mm 0.16

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Coulomb)  $K_0 = 0.204$

| SEZIONE | SOLLECITAZIONI <sup>(1)</sup> |                               |        | Larghezza di partecipazione | ALTEZZE  |         | AREA dei FERRI <sup>(1)</sup> |                             | TENSIONI           |                      | FESSURAZIONE                |                  |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|--------|-----------------------------|----------|---------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|------------------|
|         | Mom.flett. baricentr.         | Sforzo normale <sup>(2)</sup> | Taglio |                             | totale H | utile Y | lato terrapieno               | lato facciata o inf. platea | acciaio $\sigma_a$ | calcestr. $\sigma_c$ | ricopr. $C + \Phi_{staffe}$ | apertura fessure |
| N°      | KN m                          | KN                            | KN     | cm                          | cm       | cm      | cm <sup>2</sup>               | cm <sup>2</sup>             | Mpa                | Mpa                  | mm                          | mm               |
| 1       | 7.6                           | 13.8                          | 8.5    | 114.0                       | 47.7     | 39.2    | 4.98                          | 3.14                        | 33                 | 0.94                 | 38                          | <b>0.000</b>     |
| 2       | -1.3                          | 7.2                           | 19.0   | 125.0                       | 50.0     | 45.2    | 2.26                          | 6.15                        | 0                  | 0.05                 | 38                          | <b>0.000</b>     |
| 3       | 34.9                          | -101.6                        | 28.8   | 125.0                       | 50.0     | 44.0    | 5.93                          | 3.14                        | 232                | 2.44                 | 38                          | <b>0.000</b>     |
| 12      | 0.1                           | 3.2                           | 0.3    | 112.4                       | 31.9     | 22.4    | 2.26                          | 0.50                        | 0                  | 0.03                 | 38                          | <b>0.000</b>     |

(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

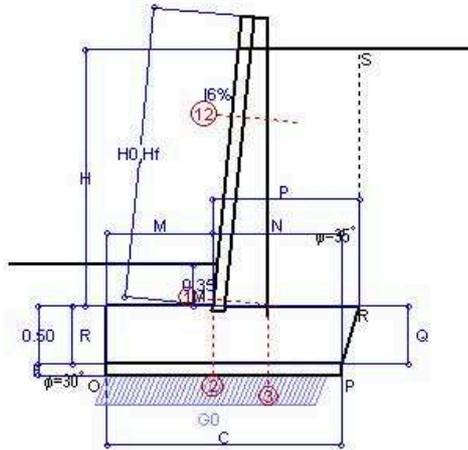
Compilato con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers.2.7.0

Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**TENSITER**

**Scheda 6: Verifica sismica**

Comune di Montereale



Angolo di rotazione sismica  $\Theta = 8.11^\circ$   
 Coefficiente sismico orizzontale  $K_h = 0.133$   
 Coefficiente sismico verticale  $K_v = 0.067$

| Dati           | Acceleraz orizz. al suolo  | $a_g/g = 0.33$               |
|----------------|--|------------------------------|
| $H_m = 2.49$ m | <b>Prefabbricato tipo u25CL</b>  | $H_D = 2.50$ m               |
| $C = 2.00$ m   | Altezza della terra contro il pannello                                   | $H = 2.20$ m                 |
| $F = 0.10$ m   | Sovraccarico sul rilevato (20%)  | $S_D = 0.0$ kNm <sup>2</sup> |
| $M = 0.90$ m   | Angolo d'attrito della terra = $\text{atn}(\tan\phi/1.25) = 29.26^\circ$ |                              |
| $N = 1.10$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione                                  | $R_D = 0.464$                |
| $P = 1.25$ m   | Accelerazione massima locale   | $a_{max}/g = 0.429$          |
| $Q = 0.50$ m   | Coeff. riduz. acceleraz. max attesa                                      | $\beta_m = 0.31$             |
| $U_1 = 0.0$ m  | Pendenza del rilevato vicino al muro                                     | $i_a = 0.0\%$                |
| $R = 0.50$ m   | Pendenza del rilevato lontano dal muro                                   | $i_b = 0.0\%$                |
|                | Scarpa della facciata del pannello                                       | $i_c = 10.0\%$               |

**Calcolo delle azioni sul terreno**

|   |                     |
|---|---------------------|
| Coefficiente di spinta attiva della terra (Rankine con sisma) agente su una sezione ideale R-S di altezza | $K_1 = 0.403$       |
| Angolo fra la spinta su R-S e l'orizzontale   | $H = 2.20$ m        |
|   | $O_3 = 19.26^\circ$ |
| Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)   | $K_3 = 0.294$       |

**SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)**

| COMPONENTI                           | ORIZZONTALI                 |                             | VERTICALI                   |                              |
|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                                      | Forze                       | Momenti                     | Forze                       | Momenti                      |
| Spinta della terra su sez. R'-S' x 1 | 16.6                        | 22.1                        | 5.8                         | 12.5                         |
| Peso parete prefabbricata x 1        | 1.1                         | 1.9                         | 8.3                         | 9.2                          |
| Peso terra e sovraccarico x 1        | 5.2                         | 9.8                         | 39.1                        | 64.6                         |
| Spinta della terra sulla fondaz. x 1 | 7.9                         | 2.4                         | 0.0                         | 0.0                          |
| Peso della fondazione x 1            | 4.1                         | 3.1                         | 30.9                        | 31.9                         |
| <b>TOTALI (GEO)</b>                  | <b>S<sub>g</sub> = 35.0</b> | <b>M<sub>g</sub> = 39.3</b> | <b>P<sub>g</sub> = 84.2</b> | <b>M<sub>g</sub> = 118.2</b> |
| TOTALI (EQU) con i coeff. di tab. 3  | 35.0                        | 39.3                        | 84.2                        | 118.2                        |

**Stabilità (GEO) della struttura:**

**Calcolo dei carichi agenti sulla fondazione:** poiché la risultante di tutti i carichi è più vicina al punto O che al punto P, la platea appoggia sul terreno solo sul lato esterno, come è indicato nella figura. Risultato:

Carico sul terreno sotto la fondazione:  $G_0 = 84.2$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_8 = 1.87$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff:  $\sigma_0 = 0.045$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico sulla fondazione rispetto alla verticale:  $\beta = 22.5^\circ$   
 Scorrimento sul piano di posa: verificato essendo  $R_d = 84.2 * 0.464 = 39.1 > E_d = 35$   
 Ribaltamento rispetto al punto O: verificato essendo  $R_d = 118.2 > E_d = 39.3$

**Verifica delle sezioni allo s.l.u.**

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (1a formula di Mononobe-Okabe)  $K_D = 0.364$

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1)       |                                   |              |             | Descrizione delle sezioni |                 |                  |                        |                                   |                | Aree dei ferri (1)  |                           |           |                       | Sollecitazioni resistenti (1) |  |
|---------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------|---------------------------|-----------------|------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------|---------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|-------------------------------|--|
|         | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. naturale | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. tra slata | $N_{Ed}$ (2) | $V_{Ed}$    | H altezza totale          | d altezza utile | B5 lato compreso | $b_w$ larghezza taglio | staffe $\alpha, \text{dtg}\Theta$ | X1 asse neutro | A1 lato terra pieno | A2 lato facc. inf. platea | A4 staffe | $M_{Rd}$ baricentrico | $V_{Rd}$                      |  |
| 1       | 15.9                             | <b>15.9</b>                       | 16.2         | <b>14.0</b> | 47.7                      | 40.2            | 114.0            | 14.0                   | 90°, 1.0                          | 2.84           | 4.18                | 3.14                      | 4.02      | <b>68.1</b>           | <b>52.2</b>                   |  |
| 2       | -8.1                             | <b>-10.3</b>                      | 18.7         | <b>34.8</b> | 50.0                      | 45.2            | 125.0            | 125.0                  | -                                 | 3.89           | 2.26                | 6.15                      | 11.17     | <b>-110.4</b>         | <b>214.6</b>                  |  |
| 3       | 0.7                              | <b>6.3</b>                        | 11.7         | <b>28.2</b> | 50.0                      | 44.0            | 125.0            | 125.0                  | -                                 | 3.75           | 5.93                | 3.14                      | 3.66      | <b>102.4</b>          | <b>209.6</b>                  |  |
| 12      | 0.3                              | <b>0.5</b>                        | 3.4          | <b>1.2</b>  | 31.9                      | 22.4            | 112.4            | 12.4                   | 73°, 1.0                          | 1.47           | 2.26                | 0.50                      | 3.96      | <b>20.3</b>           | <b>38.1</b>                   |  |

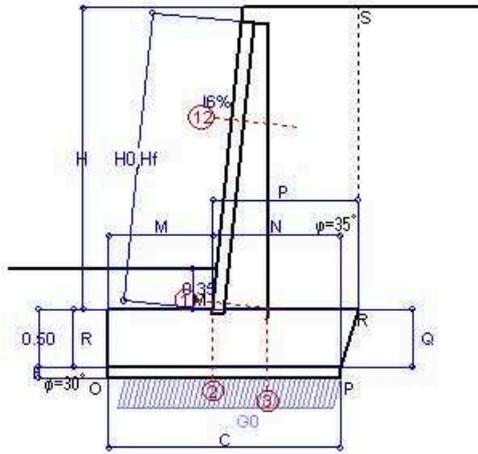
(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

06/06/2018

Compilato con il programma Tensiter Muri 2008' vers.2.7.0  
 Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**TENSITER**

**Scheda 8: A1+M1+R1 con profilo maggiorato**



**Dati**

|                |   |                               |
|----------------|---|-------------------------------|
| $H_m = 2.49$ m | Prefabbricato tipo u25CL                | $H_0 = 2.50$ m                |
| $C = 2.00$ m   | Altezza della terra contro il pannello  | $H = 2.61$ m                  |
| $F = 0.10$ m   | Sovraccarico sul rilevato               | $S_0 = 0.0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $M = 0.90$ m   | Angolo d'attrito della terra            | $\phi = 35^\circ$             |
| $N = 1.10$ m   | Peso specifico della terra              | $P_0 = 18.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1.25$ m   | Peso specifico del calcestruzzo         | $Q_0 = 25.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $Q = 0.50$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione | $R_0 = 0.58$                  |
| $R = 0.50$ m   | Pendenza del rilev. lontano dal muro    | $i_8 = 0.0\%$                 |
|                | Scarpa della facciata del pannello      | $i_6 = 10.0\%$                |

**Calcolo delle azioni sulla struttura**

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Coefficiente di spinta attiva della terra (formula di Rankine) | $K_1 = 0.271$           |
| agente su una sezione ideale R-S di altezza                    | $H = 2.61$ m            |
| Angolo fra la spinta su R-S e l'orizzontale                    | $\alpha_2 = 0.00^\circ$ |
| Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)      | $K_3 = 0.148$           |

**Spinte, pesi e momenti rispetto al punto O (per metro lineare)**

| COMPONENTI                             | ORIZZONTALI                    |                                | VERTICALI                       |                                 |
|--|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|  | Forze<br>KN                    | Momenti<br>KNm                 | Forze<br>KN                     | Momenti<br>KNm                  |
| Spinta della terra su sez. R-S x 1.3   | 21.6                           | 31.7                           | 0.0                             | 0.0                             |
| Peso parete prefabbricata x 1.3        | 0.0                            | 0.0                            | 10.8                            | 11.9                            |
| Peso terra e sovraccarico x 1.3+1.5    | 0.0                            | 0.0                            | 60.6                            | 100.0                           |
| Spinta della terra sulla fondaz. x 1.3 | 6.1                            | 1.8                            | 0.0                             | 0.0                             |
| Peso della fondazione x 1.3            | 0.0                            | 0.0                            | 40.2                            | 41.5                            |
| <b>TOTALI (GEO e STR)</b>              | <b><math>S_g = 27.7</math></b> | <b><math>M_g = 33.6</math></b> | <b><math>P_g = 111.6</math></b> | <b><math>M_8 = 163.4</math></b> |

**Stabilità (GEO) della struttura:**

**Calcolo dei carichi agenti sulla fondazione:** poiché la risultante di tutti i carichi è più vicina al punto P che al punto O, la platea appoggia sul terreno solo sul lato interno, come è indicato nella figura. Risultata:

|   |                  |  |                        |
|---|------------------|--|------------------------|
| Carico sul terreno sotto la fondazione:                                       | $G_0 = 111.6$ kN | Larghezza dell'impronta d'appoggio           | $C_g = 1.85$ m         |
| TENSIONE unitaria sul terreno sotto la fondazione secondo Meyerhoff           |                  |  | $\sigma_t = 0.060$ MPa |
| OBLIQUITA' del carico sul terreno sotto la fondazione rispetto alla verticale |                  |  | $\beta = 13.9^\circ$   |
| <b>Scorrimento</b> sul piano di posa: verificato essendo                      |                  | $R_d = 111.6 \cdot 0.58 = 64.7 > E_d = 27.7$ |                        |

**Verifica delle sezioni allo s.l.u. (STR)**

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Formula di Coulomb)  $K_0 = 0.204$  Freccia in cima al pannello mm  $0.56$

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1)             |  |              |             | Descrizione delle sezioni |                       |                           |                                |                                 |                      | Aree dei ferri (1)       |                                      |                    |                                | Sollecitazioni resistenti (1) |  |
|---------|--|--|--------------|-------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|
|         | $M_{Ed}$ (1)<br>sulla sez.<br>naturale | $M_{Ed}$ (1)<br>sulla sez.<br>traslata | $N_{Ed}$ (2) | $V_{Ed}$    | H<br>altezza<br>totale    | d<br>altezza<br>utile | B5<br>lato com-<br>presso | $b_w$<br>larghez-<br>za taglio | staffe<br>$\alpha^\circ, cty\%$ | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>lato<br>terrapieno | A2<br>lato fa oc. o<br>infer. platea | A4<br>staffe       | $M_{Rd}$<br>baricent-<br>trico | $V_{Rd}$                      |  |
|         | kN.m                                   | kN.m                                   | kN           | kN          | cm                        | cm                    | cm                        | cm                             |                                 | cm                   | cm <sup>2</sup>          | cm <sup>2</sup>                      | cm <sup>2</sup> /m | kN.m                           | kN                            |  |
| 1       | 16.8                                   | <b>16.8</b>                            | 20.4         | <b>12.5</b> | 47.7                      | 40.2                  | 114.0                     | 14.0                           | 90°, 1.0                        | 2.86                 | 4.18                     | 3.14                                 | 4.02               | <b>68.6</b>                    | <b>52.9</b>                   |  |
| 2       | -6.6                                   | <b>-8.8</b>                            | 14.0         | <b>34.8</b> | 50.0                      | 45.2                  | 125.0                     | 125.0                          | -                               | 3.85                 | 2.26                     | 6.15                                 | 11.17              | <b>-109.4</b>                  | <b>213.9</b>                  |  |
| 3       | 1.5                                    | <b>6.1</b>                             | 8.5          | <b>22.9</b> | 50.0                      | 44.0                  | 125.0                     | 125.0                          | -                               | 3.73                 | 5.93                     | 3.14                                 | 3.66               | <b>101.7</b>                   | <b>209.2</b>                  |  |
| 12      | 0.8                                    | <b>0.9</b>                             | 4.9          | <b>1.8</b>  | 31.9                      | 22.4                  | 112.8                     | 12.8                           | 73°, 1.0                        | 1.48                 | 2.26                     | 0.50                                 | 3.96               | <b>20.5</b>                    | <b>37.9</b>                   |  |

(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.  
(2) Negativo se lo sforzo è di trazione

06/06/2018

Compilato  
con il programma Tensiter "Muri 2008" vers 2.7.0  
Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**TENSITER**

**Scheda 9 - Verifica dello spessore della parete**

**Dati:** Prefabbricato tipo u25CL

|  |                       |              |              |                   |  |                   |
|--|-----------------------|--------------|--------------|-------------------|--|-------------------|
| Serie del muro:                                  | <b>CL</b>             | A1+M1        | A2+M2        | Sisma             | Altezza nominale del muro H0                               | <b>2.50</b> m     |
| Coefficiente di spinta (componente orizzontale): | <b>0.204</b>          | <b>0.265</b> | <b>0.364</b> |                   | Altezza della terra spingente H                            | <b>2.20</b> m     |
| Peso specifico della terra                       | <b>18.00</b>          | <b>18.00</b> | <b>18.00</b> | kN/m <sup>3</sup> | Spessore in cima alla parete                               | S= <b>10.0</b> cm |
| Sovraccarico sul rilevato vicino alla parete     | <b>0.00</b>           | <b>0.00</b>  | <b>0.00</b>  | kN/m <sup>2</sup> | Spessore alla base della parete                            | T= <b>10.0</b> cm |
| Coefficienti moltiplicativi azioni               | $\psi_1 =$ <b>1.3</b> | <b>1.0</b>   | <b>1.0</b>   |                   | Copriferro + tolleranza posizione + raggio tondino         | <b>4.0</b> cm     |
|  | $\psi_3 =$ <b>1.5</b> | <b>1.3</b>   | <b>0</b>     |                   | Diametro del ferro [13] = trasversale corto                | <b>8.0</b> mm     |
| Pressione della terra alla base della parete     | <b>10.5</b>           | <b>10.5</b>  | <b>14.4</b>  | kN/m <sup>2</sup> | Condizione più gravosa per la parete, assunta nel calcolo: | <b>Sisma</b>      |

Verifica SLU nella condizione più gravosa a ogni profondità tra A1+M1, A2+M2, Sisma. L'armatura può essere costruita in due modi:

a) Armatura costituita dai ferri [13] e [14], alternati, lontani tra loro "dist.Fe"

| z<br>m | Press<br>kN/m <sup>2</sup> | Sbalzo<br>cm | M1<br>kN.m | T1<br>kN | H1 <sub>min</sub><br>cm | Y1<br>cm | dist.Fe<br>cm | A1<br>cm <sup>2</sup> /m | braccio<br>cm | Mrd*<br>kN.m | M1/Mrd | Trd*<br>kN | T1/Trd |
|--------|----------------------------|--------------|------------|----------|-------------------------|----------|---------------|--------------------------|---------------|--------------|--------|------------|--------|
| 1      | 4.6                        | 55.9         | 0.72       | 2.6      | 10.00                   | 6.0      | 20            | 2.51                     | 5.65          | 5.56         | 0.129  | 36.0       | 0.071  |
| 2      | 11.1                       | 55.4         | 1.71       | 6.2      | 10.00                   | 6.0      | 18            | 2.79                     | 5.61          | 6.13         | 0.279  | 37.3       | 0.166  |
| 3      | 17.7                       | 54.8         | 2.66       | 9.7      | 10.00                   | 6.0      | 15            | 3.35                     | 5.54          | 7.26         | 0.366  | 39.6       | 0.245  |

\*Mrd e Trd sono calcolati con il DM 14/1/2008 Con l'EC2 Trd cresce del 9% circa

b) Armatura costituita dalla rete Ø8 passo 20 cm e dai ferri [13] lontani tra loro "dist.Fe"

N.B. La distanza "dist.Fe" archiviata nella tabella è quella per le serie NM e NP. Per avere il calcolo per la serie NL spostare la colonna citata di una cella verso il basso

| z<br>m | Press<br>kN/m <sup>2</sup> | Sbalzo<br>cm | M1<br>kN.m | T1<br>kN | H1 <sub>min</sub><br>cm | Y1<br>cm | dist.Fe<br>cm | A1<br>cm <sup>2</sup> /m | braccio<br>cm | Mrd*<br>kN.m | M1/Mrd | Trd*<br>kN | T1/Trd |
|--------|----------------------------|--------------|------------|----------|-------------------------|----------|---------------|--------------------------|---------------|--------------|--------|------------|--------|
| 1      | 4.6                        | 55.9         | 0.72       | 2.6      | 10.00                   | 6.0      | -             | 2.51                     | 5.65          | 5.56         | 0.129  | 36.0       | 0.071  |
| 2      | 11.1                       | 55.4         | 1.71       | 6.2      | 10.00                   | 6.0      | 100           | 3.02                     | 5.58          | 6.59         | 0.259  | 38.2       | 0.161  |
| 3      | 17.7                       | 54.8         | 2.66       | 9.7      | 10.00                   | 6.0      | 50            | 3.52                     | 5.51          | 7.59         | 0.350  | 40.2       | 0.241  |

**Significato delle colonne delle tabelle**

Tutte le grandezze riportate in una riga si riferiscono alla verifica di una sezione di incastro dell'ala della parete sulla costola

**z** Profondità della sezione su cui è fatta la verifica rispetto alla cima nominale del muro

**Press** Pressione della terra sulla parete. E' calcolata senza dedurre la riduzione di spinta per l'"effetto arco" della terra, dovuto all'attrito sui fianchi delle nervature, Esso porterebbe a una riduzione del 15%-50%.

**Sbalzo** Lunghezza dello sbalzo, cioè distanza della sezione dal bordo della parete.

**M1** Momento flettente della sezione d'incastro sulla nervatura, dovuto alla spinta della terra sulla parete amplificata dai coefficienti  $\psi$  moltiplicativi delle azioni

**T1** Sforzo di taglio, calcolato tenendo conto dei coefficienti amplificativi delle azioni, senza tenere conto delle riduzioni come piastra

**H1<sub>min</sub>** Altezza effettiva della sezione incastrata

**Y1** Altezza utile della sezione incastrata. Y1 tiene conto di una tolleranza di 6 mm sullo spessore H1<sub>min</sub> e di un copriferro cfp = 30 mm.

**dist.Fe** Distanza tra i ferri [13] e [14], se non c'è la rete, o tra i soli ferri [14] che si aggiungono alla rete

**A1** Area dell'armatura sulla fascia alta 1 metro che sta sopra la sezione in esame

**x1** Distanza dell'asse neutro dal lembo compresso

**Mrd** Momento resistente di calcolo.

**M1/Mrd** Rapporto tra momento delle forze esterne (amplificate dai coefficienti  $\psi$ ), e il momento resistente ultimo. La formattazione condizionale segnala l'eventuale insufficienza.

**Trd** Taglio resistente di calcolo.

**T1/Trd** Rapporto tra il taglio delle forze esterne (amplificate dai coefficienti  $\psi$ ), e il taglio resistente ultimo. La formattazione condizionale segnala l'eventuale insufficienza.

Compilato  
con il programma Tensiter "Muri 2008" vers.2.7.0  
Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**Portanza della fondazione**

**Prefabbricato tipo u25CL**

**Calcolo con la formula di Brinch-Hansen 1970** (valida per terreno omogeneo e condizioni drenate)

**Dati geotecnici del terreno di fondazione:**

|          |                                  | Fondo di uno scavo di sbancamento profondo |       |                         |        |
|----------|----------------------------------|--|-------|-------------------------|--------|
| $\phi$   | Angolo d'attrito nominale        | gradi                                      | 30.0° | $\phi = \text{rad}$     | 0.5236 |
| c        | Coesione drenata                 | kN/m <sup>2</sup>                          | 0     |                         |        |
| $\gamma$ | Peso specifico                   | kN/m <sup>3</sup>                          | 19.00 |                         |        |
| $i_v$    | Inclinazione del terreno a valle | %  | 0.0%  | $\epsilon = \text{rad}$ | 0.0000 |

**Dati geometrici della fondazione:**

|       |   |   |      |                       |        |
|-------|---|---|------|-----------------------|--------|
| E     | Spessore della terra sulla fondazione         | m | 0.35 |                       |        |
| F     | Spessore della fondazione (facciata di valle) | m | 0.10 |                       |        |
| $i_7$ | Inclinazione del letto di posa                | % | 0.0% | $\alpha = \text{rad}$ | 0.0000 |

| Verifiche allo stato limite ultimo            |   |                   | A1+M1+R3    | A2+M2+R2                | Sisma  |
|---|---|-------------------|-------------|-------------------------|--------|
| <b>Carichi agenti sulla fondazione:</b>       |   |                   |             |                         |        |
| N   | Componente verticale (G0)   | kN/m              | 101.9       | 78.4                    | 84.2   |
| $\beta$                                       | Obliquità del carico rispetto alla verticale  | gradi             | 11.40°      | 14.62°                  | 22.54° |
| H   | Componente orizzontale = G0 * tan( $\beta$ )  | kN/m              | 20.5        | 20.5                    | 35.0   |
| B   | Larghezza del nastro di appoggio (C8)   | m                 | 1.74        | 1.85                    | 1.87   |
| <b>Dati influenzati dal tipo di verifica:</b> |   |                   |             |                         |        |
| $\Phi$  | Angolo d'attrito assunto nel calcolo  | rad               | 0.5236      | 0.4327                  | 0.4327 |
| E5  | Distanza della risultante dal bordo esterno della fondazione                            | m                 | 0.87        | 0.93                    | 0.94   |
| D   | Affondamento = E + F + Q - M * I7   | m                 | 0.95        | 0.45                    | 0.45   |
| <b>Termini della formula di Brinch-Hansen</b> |   |                   |             |                         |        |
| Profondità                                    | $= [\gamma D N_q] s_q d_q i_q b_q g_q z_q$  | kN/m <sup>2</sup> | 245.19      | 52.40                   | 29.12  |
| Coefficiente base                             | $N_q = \tan^2(45^\circ + \Phi / 2) e^{\pi \tan \Phi}$                                   |                   | 18.40       | 10.43                   | 10.43  |
| Inclinaz. terreno a valle                     | $g_q = (1 - \tan \epsilon)^2$   |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Lunghezza del muro                            | $s_q = 1$ (fondazione nastriforme)  |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Larghezza fondazione                          | $d_q = 1 + 2 \tan \Phi (1 - \sin \Phi)^2 \times \text{se}[D < B; D/B; \text{atn}(D/B)]$ |                   | 1.16        | 1.08                    | 1.07   |
| Inclinazione letto di posa                    | $b_q = (1 - \alpha \tan \Phi)^2$  |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Inclinaz. della risultante                    | $i_q = (1 - H / N)^2$   |                   | 0.64        | 0.55                    | 0.34   |
| Paolucci e Pecker 1997                        | $z_q = (1 - K_h / \tan \Phi)^{0.35}$  |                   | -           | -                       | 0.888  |
| Coesione                                      | $= [c N_c] s_c d_c i_c b_c g_c z_c$   | kN/m <sup>2</sup> | 0.00        | 0.00                    | 0.00   |
| Coefficiente base                             | $N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$   |                   | 30.14       | 20.42                   | 20.42  |
| Inclinaz. terreno a valle                     | $g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \Phi)$   |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Lunghezza del muro                            | $s_c = 1$ (fondazione nastriforme)  |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Larghezza fondazione                          | $d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \Phi)$   |                   | 1.17        | 1.08                    | 1.08   |
| Inclinazione letto di posa                    | $b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \Phi)$   |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Inclinaz. della risultante                    | $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \tan \Phi)$   |                   | 0.62        | 0.50                    | 0.27   |
| Paolucci e Pecker 1997                        | $z_c = 1 - 0.34 K_h$  |                   | -           | -                       | 0.955  |
| Superficie                                    | $= [1/2 \gamma B N_\gamma] s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma$                | kN/m <sup>2</sup> | 187.95      | 75.09                   | 33.39  |
| Coefficiente base                             | $N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \Phi$  |                   | 22.40       | 10.56                   | 10.56  |
| Inclinaz. terreno a valle                     | $g_\gamma = (1 - \tan \epsilon)^2$  |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Lunghezza del muro                            | $s_\gamma = 1$ (fondazione nastriforme)   |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Larghezza fondazione                          | $b_\gamma = (1 - \alpha \tan \Phi)^2$   |                   | 1.00        | 1.00                    | 1.00   |
| Inclinazione letto di posa                    | $i_\gamma = (1 - H / N)m + 1$<br>$m = 2$  |                   | 0.51        | 0.40                    | 0.20   |
| Paolucci e Pecker 1997                        | $z_\gamma = (1 - K_h / \tan \Phi)^{0.35}$   |                   | -           | -                       | 0.888  |
| <b>Verifica della capacità portante</b>       |   |                   | Approccio 2 | Approccio 1 Combinaz. 2 |        |
| $q_{LIM}$                                     | Carico unitario limite (Meyerhof)   | Mpa               | 0.433       | 0.127                   | 0.063  |
| $\gamma_R$                                    | Coeff. per le verifiche SLU di fondazioni superficiali                                  |                   | 1.4         | 1.0                     | 1.0    |
| $C_p$   | Capacità portante, tenuto conto di $\gamma_R$   | kN                | 536.8       | 236.4                   | 117.1  |
| $G_0$   | Carico effettivo, dovuto alle forze esterne   | kN                | 101.9       | 78.4                    | 84.2   |

La struttura è verificata al collasso per carico limite dell'insieme fondazione terreno per l'approccio 2 (A1+M1+R3)

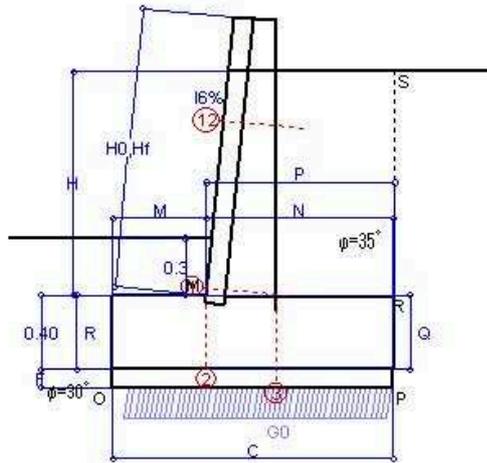
06/06/2018

Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**13. MURO TIPO 1 – H = 1.50 m**

**TENSITER**

**Scheda 1: Approccio 1, Combinazione 1, (A1+M1+R1)**



**Dati**

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| H <sub>m</sub> = 1.50 m | <b>Prefabbricato tipo u15CL</b>         | H <sub>0</sub> = 1.50 m                 |
| C = 1.50 m              | Altezza della terra contro il pannello  | H = 1.20 m                              |
| F = 0.10 m              | Sovraccarico sul rilevato               | S <sub>0</sub> = 0.0 kN/m <sup>2</sup>  |
| M = 0.50 m              | Angolo d'attrito della terra            | φ = 35°                                 |
| N = 1.00 m              | Peso specifico della terra              | P <sub>0</sub> = 18.0 kN/m <sup>3</sup> |
| P = 1.01 m              | Peso specifico del calcestruzzo         | Q <sub>0</sub> = 25.0 kN/m <sup>3</sup> |
| Q = 0.40 m              | Coefficiente d'attrito della fondazione | R <sub>0</sub> = 0.58                   |
| R = 0.40 m              | Pendenza del rilev. lontano dal muro    | i <sub>g</sub> = 0.0%                   |
|                         | Scarpa della facciata del pannello      | i <sub>g</sub> = 10.0%                  |

**Calcolo delle azioni sulla struttura**

|  |                        |
|--|------------------------|
| Coefficiente di spinta attiva della terra (formula di Rankine) | K <sub>1</sub> = 0.271 |
| agente su una sezione ideale R-S di altezza                    | H = 1.20 m             |
| Angolo tra la spinta su R-S e orizzontale                      | α <sub>3</sub> = 0.00° |
| Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)      | K <sub>3</sub> = 0.236 |

**Spinte, pesi e momenti rispetto al punto O (per metro lineare)**

| COMPONENTI                             | ORIZZONTALI                |                            | VERTICALI                   |                             |
|--|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|  | Forze<br>KN                | Momenti<br>KNm             | Forze<br>KN                 | Momenti<br>KNm              |
| Spinta della terra su sez. R-S x 1.3   | 4.6                        | 4.1                        | 0.0                         | 0.0                         |
| Peso parete prefabbricata x 1.3        | 0.0                        | 0.0                        | 6.6                         | 4.2                         |
| Peso terra e sovraccarico x 1.3+1.5    | 0.0                        | 0.0                        | 22.0                        | 24.6                        |
| Spinta della terra sulla fondaz. x 1.3 | 4.0                        | 1.0                        | 0.0                         | 0.0                         |
| Peso della fondazione x 1.3            | 0.0                        | 0.0                        | 24.4                        | 18.4                        |
| <b>TOTALI (GEO e STR)</b>              | <b>S<sub>g</sub> = 8.6</b> | <b>M<sub>g</sub> = 5.1</b> | <b>P<sub>g</sub> = 53.0</b> | <b>M<sub>g</sub> = 47.2</b> |

**Stabilità (GEO) della struttura:**

**Calcolo dei carichi agenti sulla fondazione:** poiché il risultante di tutti i carichi è più vicina al punto P che al punto O, la platea appoggia sul terreno solo sul lato interno, come è indicato nella figura. Risulta:

Carico sul terreno sotto la fondazione: G<sub>0</sub> = 53.0 kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio: C<sub>g</sub> = 1.41 m  
 TENSIONE unitaria sul terreno sotto la fondazione secondo Meyerhoff: σ<sub>t</sub> = **0.038 MPa**  
 OBLIQUITA' del carico sul terreno sotto la fondazione rispetto alla verticale: β = **9.2°**  
**Scorrimento** sul piano di posa: verificato essendo      R<sub>d</sub> = 53 \* 0.58 = 30.7 > E<sub>d</sub> = 8.6

**Verifica delle sezioni allo s.l.u. (STR)**

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Formula di Coulomb)      Freccia in cima al pannello mm: 0.02  
 K<sub>D</sub> = 0.204

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1)                    |   |                     |                 | Descrizione delle sezioni |                       |                           |   |                      |                      |                         |                                   | Aree dei ferri (1) |                                      |                 |  | Sollecitazioni resistenti (1) |  |
|---------|---|---|---------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|---|----------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------------------------|-----------------|--|-------------------------------|--|
|         | M <sub>Ed</sub> (1)<br>sulla sez.<br>naturale | M <sub>Ed,u</sub> (1)<br>sulla sez.<br>traslata | N <sub>Ed</sub> (2) | V <sub>Ed</sub> | H<br>altezza<br>totale    | d<br>altezza<br>utile | B5<br>lato corn<br>presso | b <sub>v</sub><br>larghez-<br>za taglio | staffe<br>α°, cty(°) | X1<br>asse<br>neutro | A1<br>lato<br>terapieno | A2<br>lato facc.<br>infer. platea | A4<br>staffe       | M <sub>Ed</sub><br>baricentri-<br>co | V <sub>Ed</sub> |  |                               |  |
|         | kN.m  | kN.m  | kN                  | kN              | cm                        | cm                    | cm                        | cm                                      |                      | cm                   | cm <sup>2</sup>         | cm <sup>2</sup>                   | cm <sup>2</sup> /m | kN.m                                 | kN              |  |                               |  |
| 1       | 1.5   | <b>1.5</b>                                      | 8.5                 | <b>2.4</b>      | 37.7                      | 30.3                  | 114.0                     | 14.0                                    | 90°, 1.0             | 2.27                 | 2.70                    | 3.14                              | 4.02               | <b>35.7</b>                          | <b>41.6</b>     |  |                               |  |
| 2       | -0.5  | <b>-1.1</b>                                     | 3.1                 | <b>9.2</b>      | 40.0                      | 35.2                  | 125.0                     | 125.0                                   | -                    | 3.06                 | 2.26                    | 4.74                              | 12.06              | <b>-65.0</b>                         | <b>178.9</b>    |  |                               |  |
| 3       | -0.4  | <b>0.3</b>                                      | 2.7                 | <b>4.6</b>      | 40.0                      | 34.0                  | 125.0                     | 125.0                                   | -                    | 3.00                 | 4.92                    | 1.57                              | 3.02               | <b>64.7</b>                          | <b>174.7</b>    |  |                               |  |
| 12      | 0.0   | <b>0.0</b>                                      | 2.4                 | <b>0.0</b>      | 28.7                      | 23.8                  | 12.3                      | 12.3                                    | 73°, 1.0             | 4.50                 | 1.57                    | 0.50                              | 3.96               | <b>-9.6</b>                          | <b>-41.2</b>    |  |                               |  |

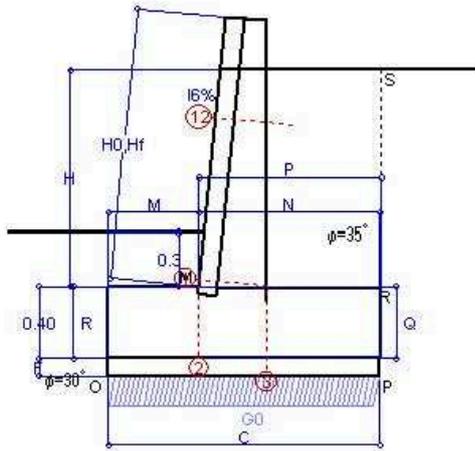
(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione.

06.06.2018

Compilato  
 con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers 2.7.0  
 Norma: Italia: DM. 14/1/08

**TENSITER**

Scheda 2: Approccio 1, Combinazione 2, (A2+M2+R2)



**Dati**

|                |  |                               |
|----------------|--|-------------------------------|
| $H_m = 1.50$ m | Prefabbricato tipo u15CL   | $H_0 = 1.50$ m                |
| $C = 1.50$ m   | Altezza della terra contro il pannello                                   | $H = 1.20$ m                  |
| $F = 0.10$ m   | Sovraocarico sul rilevato  | $S_0 = 0.0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $M = 0.50$ m   | Angolo d'attrito della terra = $\text{atr}(\tan\phi/1.25) = 29.26^\circ$ | $P_0 = 18.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $N = 1.00$ m   | Peso specifico della terra   | $Q_0 = 25.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1.01$ m   | Peso specifico del calcestruzzo  | $R_0 = 0.464$                 |
| $Q = 0.40$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione                                  | $I_g = 0.0\%$                 |
| $R = 0.40$ m   | Pendenza del rilev. lontano dal muro                                     | $I_b = 10.0\%$                |
|                | Scarpa della facciata del pannello                                       |                               |

**Calcolo delle azioni sulla struttura**

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Coefficiente di spinta attiva della terra (formula di Rankine) | $K_1 = 0.343$           |
| agente su una sezione ideale R-S di altezza                    | $H = 1.20$ m            |
| Angolo fra la spinta su R-S e l'orizzontale                    | $\alpha_3 = 0.00^\circ$ |
| Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)      | $K_3 = 0.298$           |

**Spinte, pesi e momenti rispetto al punto O (per metro lineare)**

| COMPONENTI                                 | ORIZZONTALI |             | VERTICALI   |             |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
|  | Forze KN    | Momenti KNm | Forze KN    | Momenti KNm |
| Spinta della terra su sez. R-S x 1         | 4.5         | 4.0         | 0.0         | 0.0         |
| Peso parete prefabbricata x 1              | 0.0         | 0.0         | 5.0         | 3.2         |
| Peso terra e sovraocarico x 1 + 1.3        | 0.0         | 0.0         | 16.9        | 18.9        |
| Spinta della terra sulla fondaz. x 1       | 3.9         | 1.0         | 0.0         | 0.0         |
| Peso della fondazione x 1                  | 0.0         | 0.0         | 18.8        | 14.1        |
| <b>TOTALI (GEO)</b>                        | <b>8.3</b>  | <b>5.0</b>  | <b>40.7</b> | <b>36.3</b> |
| <b>TOTALI (EQU) con i coeff. di tab. 3</b> | <b>9.2</b>  | <b>5.5</b>  |             | <b>36.4</b> |

**Stabilità (GEO) della struttura:**

**Calcolo dei carichi agenti sulla fondazione:** poiché la risultante di tutti i carichi è più vicina al punto P che al punto O, la platea appoggia sul terreno solo sul lato interno, come è indicato nella figura. Risulta:

Carico sul terreno sotto la fondazione:  $G_0 = 40.7$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_8 = 1.46$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno sotto la fondazione secondo Meyerhoff:  $\sigma_1 = 0.028$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico sul terreno sotto la fondazione rispetto alla verticale:  $\beta = 11.6^\circ$

**Scorimento (EQU)** sul piano di posa: verificato essendo  $R_d = 40.7 * 0.464 = 18.9 > E_d = 9.2$   
**Ribaltamento (EQU)** rispetto al punto O: verificato essendo  $R_d = 36.3 > E_d = 5.5$

**Verifica delle sezioni allo s.l.u.**

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Formula di Coulomb)      Freccia in cima al pannello mm:  $0.02$   
 $K_D = 0.265$

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1)       |                                  |              |          | Descrizione delle sezioni |                 |                  |                        |                                |                |                    | Aree dei ferri (1)          |                    |                       |          | Sollecitazioni resistenti (1) |  |
|---------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|----------|---------------------------|-----------------|------------------|------------------------|--------------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------|----------|-------------------------------|--|
|         | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. naturale | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. traslata | $N_{Ed}$ (2) | $V_{Ed}$ | H altezza totale          | d altezza utile | B5 lato compreso | $b_w$ larghezza taglio | staffe $\alpha_s, \alpha_{ty}$ | X1 asse neutro | A1 lato terrapieno | A2 lato facc. o inf. platea | A4 staffe          | $M_{Rd}$ baricentrico | $V_{Rd}$ |                               |  |
|         | kNm                              | kNm                              | kN           | kN       | cm                        | cm              | cm               | cm                     |                                | cm             | cm <sup>2</sup>    | cm <sup>2</sup>             | cm <sup>2</sup> /m | kNm                   | kN       |                               |  |
| 1       | 1.6                              | 1.6                              | 6.7          | 2.6      | 37.7                      | 30.3            | 114.0            | 14.0                   | 90°, 1.0                       | 2.26           | 2.70               | 3.14                        | 4.02               | 35.6                  | 41.6     |                               |  |
| 2       | -0.8                             | -1.3                             | 3.3          | 8.3      | 40.0                      | 35.2            | 125.0            | 125.0                  | -                              | 3.06           | 2.26               | 4.74                        | 12.06              | -65.0                 | 178.9    |                               |  |
| 3       | -0.4                             | 0.2                              | 2.8          | 4.3      | 40.0                      | 34.0            | 125.0            | 125.0                  | -                              | 3.00           | 4.92               | 1.57                        | 3.02               | 64.7                  | 174.7    |                               |  |
| 12      | 0.0                              | 0.0                              | 1.8          | 0.0      | 28.7                      | 23.8            | 12.3             | 12.3                   | 73°, 1.0                       | 4.48           | 1.57               | 0.50                        | 3.96               | -9.5                  | -41.2    |                               |  |

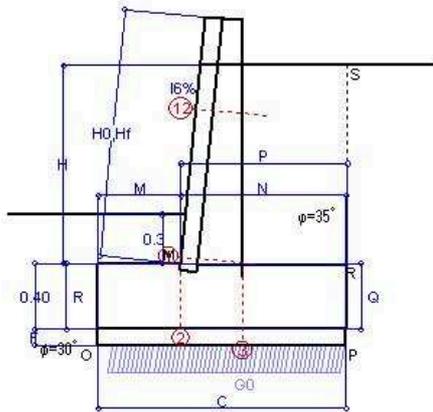
(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

06/06/2018

Compilato con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers 2.7.0  
 Norma: Italia: D.M. 14/1.08

**TENSITER**

**Scheda 3: Verifica SLE combinaz. RARA**



Spinta della terra su sez. R-S x 1  
 Peso struttura (parete+platea) x 1  
 Peso terra e sovraccarico x 1  
 Spinta della terra sulla fondaz. x 1  
 Peso della fondazione x 1  
*\*non sommati*

**Dati**

|                |  |                               |
|----------------|--|-------------------------------|
| $H_m = 1.50$ m | <b>Prefabbricato tipo</b> u15CL              | $H_0 = 1.50$ m                |
| $C = 1.50$ m   | Altezza della terra contro il pannello       | $H = 1.20$ m                  |
| $F = 0.10$ m   | Angolo d'attrito della terra . . . . .       | $\phi = 35^\circ$             |
| $M = 0.50$ m   | Sovraccarico sul rilevato . . . . .          | $S_0 = 0.0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $N = 1.00$ m   | Peso specifico della terra . . . . .         | $P_0 = 18.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1.01$ m   | Peso specifico del calcestruzzo . . . . .    | $Q_0 = 25.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $Q = 0.40$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione      | $R_0 = 0.58$                  |
| $R = 0.40$ m   | Scarpa della facciata del pannello . . . . . | $i_b = 10.0$ %                |

**Verifica statica**

Coefficiente di spinta attiva su R-S (formula di Rankine)  $K_1 = 0.271$   
 agente su una sezione ideale R-S di altezza  $H_0 = 1.20$  m  
 Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)  $K_3 = 0.236$

SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)

| COMPONENTI ORIZZONTALI         |                                | COMPONENTI VERTICALI            |                                 |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Forze                          | Momenti                        | Forze                           | Momenti                         |
| KN                             | KN m                           | KN                              | KN m                            |
| 3.51                           | 3.16                           | 0.00                            | 0.00                            |
| 0.00                           | 0.00                           | 5.05                            | 3.25                            |
| 0.00                           | 0.00                           | 16.88                           | 18.89                           |
| 3.08                           | 0.77                           | 0.00                            | 0.00                            |
| 0.00                           | 0.00                           | 18.80                           | 14.14                           |
| <b><math>S_0 = 6.60</math></b> | <b><math>M_0 = 3.93</math></b> | <b><math>P_0 = 40.73</math></b> | <b><math>M_0 = 36.27</math></b> |

GRADO di stabilità al ribaltamento:  $\eta_{rib} = \text{Ribaltamento rispetto a 'O': } M_8 / M_9 = 9.225$   
 GRADO di stabilità allo scorrimento:  $\eta_{scorr} = (\text{attriti e forze resistenti}) / (\text{spinte e forze motrici}) = 3.582$   
 Carico sul terreno della fondazione:  $G_0 = 40.73$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_0 = 1.41$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff:  $\sigma_t = 0.029$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico rispetto al terreno di fondazione:  $\beta = 9.2^\circ$

**Verifica della fessurazione<sup>(1)</sup>**

Freccia in cima al pannello mm: 0.02

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Coulomb)

$K_0 = 0.204$

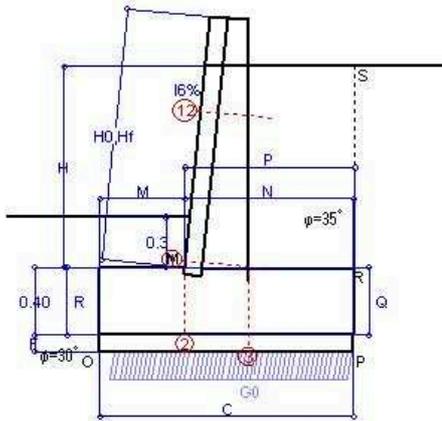
| SEZIONE | SOLLECITAZIONI <sup>(1)</sup> |                               |        | Larghezza di partecipazione | ALTEZZE  |         | AREA dei FERRI <sup>(1)</sup> |                             | TENSIONI           |                      | FESSURAZIONE               |                  |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|--------|-----------------------------|----------|---------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|----------------------------|------------------|
|         | Mom.flett. baricentr.         | Sforzo normale <sup>(2)</sup> | Taglio |                             | totale H | utile Y | lato terrapieno               | lato facciata o inf. platea | acciaio $\sigma_a$ | calcestr. $\sigma_c$ | ricopr. c+ $\phi_{staffe}$ | apertura fessure |
| N°      | KN m                          | KN                            | KN     | cm                          | cm       | cm      | cm <sup>2</sup>               | cm <sup>2</sup>             | Mpa                | Mpa                  | mm                         | mm               |
| 1       | 1.2                           | 6.6                           | 2.1    | 114.0                       | 37.7     | 28.9    | 3.50                          | 3.14                        | 7                  | 0.28                 | 38                         | <b>0.000</b>     |
| 2       | -0.4                          | 2.4                           | 7.0    | 125.0                       | 40.0     | 35.2    | 2.26                          | 4.74                        | 0                  | 0.03                 | 38                         | <b>0.000</b>     |
| 3       | 29.3                          | -109.0                        | 19.2   | 125.0                       | 40.0     | 34.0    | 4.92                          | 1.57                        | 306                | 3.43                 | 38                         | <b>0.000</b>     |
| 12      | 0.0                           | 1.8                           | -0.1   | 12.3                        | 28.7     | 23.8    | 1.57                          | 0.50                        | 0                  | 0.02                 | 38                         | <b>0.000</b>     |

(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

Compilato con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers.2.7.0  
 Norma: Italia D.M. 14/1/08

**TENSITER**

**Scheda 4: Verifica SLE combinaz. FREQUENTE**



Spinta della terra su sez. R-S x 1  
 Peso struttura (parete+platea) x 1  
 Peso terra e sovraccarico x 1  
 Spinta della terra sulla fondaz. x 1  
 Peso della fondazione x 1  
*\*non sommati*

Totali

**Dati**

|                |   |                               |
|----------------|---|-------------------------------|
| $H_m = 1.50$ m | <b>Prefabbricato tipo</b> u15CL         | $H_0 = 1.50$ m                |
| $C = 1.50$ m   | Altezza della terra contro il pannello  | $H = 1.20$ m                  |
| $F = 0.10$ m   | Angolo d'attrito della terra            | $\phi = 35^\circ$             |
| $M = 0.50$ m   | Sovraccarico sul rilevato               | $S_0 = 0.0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $N = 1.00$ m   | Peso specifico della terra              | $P_0 = 18.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1.01$ m   | Peso specifico del calcestruzzo         | $Q_0 = 25.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $Q = 0.40$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione | $R_0 = 0.58$                  |
| $R =$          | Scarpa della facciata del pannello      | $i_6 = 10.0$ %                |

**Verifica statica**

Coefficiente di spinta attiva su R-S (formula di Rankine)  $K_1 = 0.271$   
 agente su una sezione ideale R-S di altezza  $H_3 = 1.20$  m  
 Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)  $K_3 = 0.236$

SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)

| COMPONENTI ORIZZONTALI         |                                | COMPONENTI VERTICALI            |                                 |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Forze                          | Momenti                        | Forze                           | Momenti                         |
| KN                             | KN m                           | KN                              | KN m                            |
| 3.51                           | 3.16                           | 0.00                            | 0.00                            |
| 0.00                           | 0.00                           | 5.05                            | 3.25                            |
| 0.00                           | 0.00                           | 16.88                           | 18.89                           |
| 3.08                           | 0.77                           | 0.00                            | 0.00                            |
| 0.00                           | 0.00                           | 18.80                           | 14.14                           |
| <b><math>S_0 = 6.60</math></b> | <b><math>M_0 = 3.93</math></b> | <b><math>P_0 = 40.73</math></b> | <b><math>M_0 = 36.27</math></b> |

GRADO di stabilità al ribaltamento  $\eta_{nb} =$  Ribaltamento rispetto a 'O':  $M_8 / M_9 = 9.225$   
 GRADO di stabilità allo scorrimento  $\eta_{scorr} =$  (attriti e forze resistenti) / (spinte e forze motrici) = 3.582  
 Carico sul terreno della fondazione:  $G_0 = 40.73$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_0 = 1.41$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff  $\sigma_t = 0.029$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico rispetto al terreno di fondazione  $\beta = 9.2^\circ$

**Verifica della fessurazione<sup>(1)</sup>**

Freccia in cima al pannello mm 0.02

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Coulomb)

$K_0 = 0.204$

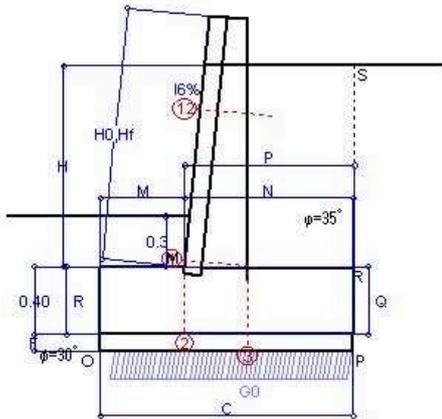
| SEZIONE | SOLLECITAZIONI <sup>(1)</sup> |                               |        | Larghezza di partecipazione | ALTEZZE  |         | AREA dei FERRI <sup>(1)</sup> |                             | TENSIONI           |                      | FESSURAZIONE              |                  |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|--------|-----------------------------|----------|---------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|---------------------------|------------------|
|         | Mom.flett. baricentr.         | Sforzo normale <sup>(2)</sup> | Taglio |                             | totale H | utile Y | lato terrapieno               | lato facciata o inf. platea | acciaio $\sigma_a$ | calcestr. $\sigma_c$ | ricopr. $C+\Phi_{stafle}$ | apertura fessure |
| N°      | KN m                          | KN                            | KN     | cm                          | cm       | cm      | cm <sup>2</sup>               | cm <sup>2</sup>             | Mpa                | Mpa                  | mm                        | mm               |
| 1       | 1.2                           | 6.6                           | 2.1    | 114.0                       | 37.7     | 28.9    | 3.50                          | 3.14                        | 7                  | 0.28                 | 38                        | <b>0.000</b>     |
| 2       | -0.4                          | 2.4                           | 7.0    | 125.0                       | 40.0     | 35.2    | 2.26                          | 4.74                        | 0                  | 0.03                 | 38                        | <b>0.000</b>     |
| 3       | 29.3                          | -109.0                        | 19.2   | 125.0                       | 40.0     | 34.0    | 4.92                          | 1.57                        | 306                | 3.43                 | 38                        | <b>0.000</b>     |
| 12      | 0.0                           | 1.8                           | -0.1   | 12.3                        | 28.7     | 23.8    | 1.57                          | 0.50                        | 0                  | 0.02                 | 38                        | <b>0.000</b>     |

(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m...  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

Compilato con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers.2.7.0  
 Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**TENSITER**

**Scheda 5: Verifica SLE combinaz QUASI PERMANENTE**



Spinta della terra su sez. R-S x 1  
 Peso struttura (parete+platea) x 1  
 Peso terra e sovraccarico x 1  
 Spinta della terra sulla fondaz. x 1  
 Peso della fondazione x 1  
*\*non sommati*

Totali

**Dati**

|                |   |                               |
|----------------|---|-------------------------------|
| $H_m = 1.50$ m | <b>Prefabbricato tipo</b> u15CL         | $H_0 = 1.50$ m                |
| $C = 1.50$ m   | Altezza della terra contro il pannello  | $H = 1.20$ m                  |
| $F = 0.10$ m   | Angolo d'attrito della terra            | $\Phi = 35^\circ$             |
| $M = 0.50$ m   | Sovraccarico sul rilevato               | $S_0 = 0.0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $N = 1.00$ m   | Peso specifico della terra              | $P_0 = 18.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1.01$ m   | Peso specifico del calcestruzzo         | $Q_0 = 25.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $Q = 0.40$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione | $R_0 = 0.58$                  |
| $R =$          | Scarpa della facciata del pannello      | $i_0 = 10.0$ %                |

**Verifica statica**

Coefficiente di spinta attiva su R-S (formula di Rankine)  $K_1 = 0.271$   
 agente su una sezione ideale R-S di altezza  $H_3 = 1.20$  m  
 Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)  $K_3 = 0.236$

SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)

| COMPONENTI ORIZZONTALI         |                                | COMPONENTI VERTICALI            |                                 |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Forze                          | Momenti                        | Forze                           | Momenti                         |
| KN                             | KN m                           | KN                              | KN m                            |
| 3.51                           | 3.16                           | 0.00                            | 0.00                            |
| 0.00                           | 0.00                           | 5.05                            | 3.25                            |
| 0.00                           | 0.00                           | 16.88                           | 18.89                           |
| 3.08                           | 0.77                           | 0.00                            | 0.00                            |
| 0.00                           | 0.00                           | 18.80                           | 14.14                           |
| <b><math>S_0 = 6.60</math></b> | <b><math>M_0 = 3.93</math></b> | <b><math>P_0 = 40.73</math></b> | <b><math>M_0 = 36.27</math></b> |

GRADO di stabilità al ribaltamento  $\eta_{rib} =$  Ribaltamento rispetto a 'O':  $M_8 / M_9 = 9.225$   
 GRADO di stabilità allo scorrimento  $\eta_{scorr} =$  (attriti e forze resistenti) / (spinte e forze motrici) = 3.582  
 Carico sul terreno della fondazione:  $G_0 = 40.73$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_0 = 1.41$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff  $\alpha_1 = 0.029$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico rispetto al terreno di fondazione  $\beta = 9.2^\circ$

**Verifica della fessurazione<sup>(1)</sup>**

Freccia in cima al pannello mm 0.02

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Coulomb)

$K_0 = 0.204$

| SEZIONE | SOLLECITAZIONI <sup>(1)</sup> |                               |        | Larghezza di partecipazione | ALTEZZE  |         | AREA dei FERRI <sup>(1)</sup> |                             | TENSIONI           |                      | FESSURAZIONE                |                  |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|--------|-----------------------------|----------|---------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|------------------|
|         | Mom.flett. baricentr.         | Sforzo normale <sup>(2)</sup> | Taglio |                             | totale H | utile Y | lato terrapieno               | lato facciata o inf. platea | acciaio $\sigma_a$ | calcestr. $\sigma_c$ | ricopr. $c + \Phi_{stafle}$ | apertura fessure |
| N°      | KN m                          | KN                            | KN     | cm                          | cm       | cm      | cm <sup>2</sup>               | cm <sup>2</sup>             | Mpa                | Mpa                  | mm                          | mm               |
| 1       | 1.2                           | 6.6                           | 2.1    | 114.0                       | 37.7     | 28.9    | 3.50                          | 3.14                        | 7                  | 0.28                 | 38                          | <b>0.000</b>     |
| 2       | -0.4                          | 2.4                           | 7.0    | 125.0                       | 40.0     | 35.2    | 2.26                          | 4.74                        | 0                  | 0.03                 | 38                          | <b>0.000</b>     |
| 3       | 29.3                          | -109.0                        | 19.2   | 125.0                       | 40.0     | 34.0    | 4.92                          | 1.57                        | 306                | 3.43                 | 38                          | <b>0.000</b>     |
| 12      | 0.0                           | 1.8                           | -0.1   | 12.3                        | 28.7     | 23.8    | 1.57                          | 0.50                        | 0                  | 0.02                 | 38                          | <b>0.000</b>     |

(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

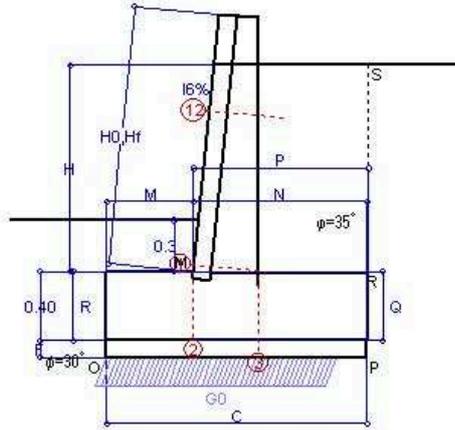
Compilato con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers.2.7.0

Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**TENSITER**

Scheda 6: Verifica sismica

Comune di Montereale



Angolo di rotazione sismica  $\Theta = 8.11^\circ$   
 Coefficiente sismico orizzontale  $K_h = 0.133$   
 Coefficiente sismico verticale  $K_v = 0.067$

**Dati**

|                |  |                              |
|----------------|--|------------------------------|
| $H_m = 1.50$ m | Acceleraz orizz. al suolo                                      | $a_g/g = 0.33$               |
| $C = 1.50$ m   | Prefabbricato tipo u15CL                                       | $H_D = 1.50$ m               |
| $F = 0.10$ m   | Altezza della terra contro il pannello                         | $H = 1.20$ m                 |
| $M = 0.50$ m   | Sovraccarico sul rilevato (20%)                                | $S_D = 0.0$ kNm <sup>2</sup> |
| $N = 1.00$ m   | Angolo d'attrito della terra = $\arctan(1/1.25) = 29.26^\circ$ | $R_D = 0.464$                |
| $P = 1.01$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione                        | $a_{max}/g = 0.429$          |
| $Q = 0.40$ m   | Accelerazione massima locale                                   | $\beta_m = 0.31$             |
| $U_1 = 0.0$ m  | Coeff. riduz. acceleraz. max attesa                            | $i_s = 0.0\%$                |
| $R = 0.40$ m   | Pendenza del rilevato vicino al muro                           | $i_s = 0.0\%$                |
|                | Pendenza del rilevato lontano dal muro                         | $i_s = 10.0\%$               |
|                | Scarpa della facciata del pannello                             |                              |

**Calcolo delle azioni sul terreno**

|   |                     |
|---|---------------------|
| Coefficiente di spinta attiva della terra (Rankine con sisma) agente su una sezione ideale R-S di altezza | $K_1 = 0.403$       |
| Angolo fra la spinta su R-S e l'orizzontale   | $O_3 = 19.26^\circ$ |
| Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)   | $K_3 = 0.402$       |

**SPINTE, PESI E MOMENTI rispetto al punto O (per metro lineare)**

| COMPONENTI                                 | ORIZZONTALI                 |                             | VERTICALI                   |                             |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|  | Forze                       | Momenti                     | Forze                       | Momenti                     |
|  | KN                          | KNm                         | KN                          | KNm                         |
| Spinta della terra su sez. R'S' x 1        | 4.9                         | 4.4                         | 1.7                         | 2.6                         |
| Peso parete prefabbricata x 1              | 0.7                         | 0.8                         | 5.0                         | 3.2                         |
| Peso terra e sovraccarico x 1              | 2.2                         | 2.9                         | 16.9                        | 18.9                        |
| Spinta della terra sulla fondaz. x 1       | 5.2                         | 1.3                         | 0.0                         | 0.0                         |
| Peso della fondazione x 1                  | 2.5                         | 1.3                         | 18.8                        | 14.1                        |
| <b>TOTALI (GEO)</b>                        | <b>S<sub>g</sub> = 15.6</b> | <b>M<sub>g</sub> = 10.7</b> | <b>P<sub>g</sub> = 42.5</b> | <b>M<sub>g</sub> = 38.9</b> |
| <b>TOTALI (EQU) con i coeff. di tab. 3</b> | 15.6                        | 10.7                        | 42.5                        | 38.9                        |

**Stabilità (GEO) della struttura:**

**Calcolo dei carichi agenti sulla fondazione:** poiché la risultante di tutti i carichi è più vicina al punto O che al punto P, la platea appoggia sul terreno solo sul lato esterno, come è indicato nella figura. Risultato:

Carico sul terreno sotto la fondazione:  $G_0 = 42.5$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_0 = 1.33$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno di fondazione secondo Meyerhoff:  $\sigma_3 = 0.032$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico sulla fondazione rispetto alla verticale:  $\beta = 20.2^\circ$   
 Scorrimento sul piano di posa: verificato essendo  $R_d = 42.5 * 0.464 = 19.7 > E_d = 15.6$   
 Ribaltamento rispetto al punto O: verificato essendo  $R_d = 38.9 > E_d = 10.7$

**Verifica delle sezioni allo s.l.u.**

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (1a formula di Mononobe-Okabe)  $K_D = 0.364$

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1)       |                                  |              |          | Descrizione delle sezioni |                 |                  |                        |                                  |                | Aree dei ferri (1) |                           |                    | Sollecitazioni resistenti (1) |          |
|---------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|----------|---------------------------|-----------------|------------------|------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------------|----------|
|         | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. naturale | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. traslata | $N_{Ed}$ (2) | $V_{Ed}$ | H altezza totale          | d altezza utile | B5 lato compreso | $b_w$ larghezza taglio | staffe $\alpha, \text{d}g\Theta$ | X1 asse neutro | A1 lato terapieno  | A2 lato facc. inf. platea | A4 staffe          | $M_{Rd}$ baricentrico         | $V_{Rd}$ |
|         | kNm                              | kNm                              | kN           | kN       | cm                        | cm              | cm               | cm                     | $\alpha, \text{d}g\Theta$        | cm             | cm <sup>2</sup>    | cm <sup>2</sup>           | cm <sup>2</sup> /m | kNm                           | kN       |
| 1       | 2.9                              | 2.9                              | 7.3          | 4.2      | 37.7                      | 30.3            | 114.0            | 14.0                   | 90°, 1.0                         | 2.26           | 2.70               | 3.14                      | 4.02               | 35.6                          | 41.1     |
| 2       | -0.9                             | -1.6                             | 6.3          | 12.7     | 40.0                      | 35.2            | 125.0            | 125.0                  | -                                | 3.08           | 2.26               | 4.74                      | 12.06              | -65.5                         | 179.3    |
| 3       | 0.1                              | 1.7                              | 5.5          | 10.9     | 40.0                      | 34.0            | 125.0            | 125.0                  | -                                | 3.02           | 4.92               | 1.57                      | 3.02               | 65.2                          | 175.0    |
| 12      | 0.1                              | 0.1                              | 1.9          | 0.3      | 28.7                      | 19.2            | 112.3            | 12.3                   | 73°, 1.0                         | 1.19           | 1.57               | 0.50                      | 3.96               | 12.6                          | 33.2     |

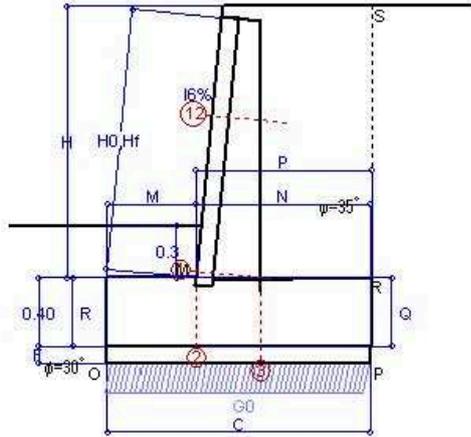
(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

06.06.2018

Compilato con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers.2.7.0  
 Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**TENSITER**

**Scheda 8: A1+M1+R1 con profilo maggiorato**



**Dati**

|                |   |                               |
|----------------|---|-------------------------------|
| $H_m = 1.50$ m | Prefabbricato tipo u15CL                | $H_0 = 1.50$ m                |
| $C = 1.50$ m   | Altezza della terra contro il pannello  | $H = 1.56$ m                  |
| $F = 0.10$ m   | Sovraccarico sul rilevato               | $S_0 = 0.0$ kNm <sup>2</sup>  |
| $M = 0.50$ m   | Angolo d'attrito della terra            | $\Phi = 35^\circ$             |
| $N = 1.00$ m   | Peso specifico della terra              | $P_0 = 18.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $P = 1.01$ m   | Peso specifico del calcestruzzo         | $Q_0 = 25.0$ kNm <sup>3</sup> |
| $Q = 0.40$ m   | Coefficiente d'attrito della fondazione | $R_0 = 0.58$                  |
| $R = 0.40$ m   | Pendenza del rilev. lontano dal muro    | $i_8 = 0.0\%$                 |
|                | Scarpa della facciata del pannello      | $i_6 = 10.0\%$                |

**Calcolo delle azioni sulla struttura**

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Coefficiente di spinta attiva della terra (formula di Rankine) | $K_1 = 0.271$           |
| agente su una sezione ideale R-S di altezza                    | $H = 1.56$ m            |
| Angolo fra la spinta su R-S e orizzontale                      | $\alpha_3 = 0.00^\circ$ |
| Coeff. di spinta attiva su platea e magrone P-R (Coulomb)      | $K_3 = 0.238$           |

**Spinte, pesi e momenti rispetto al punto O (per metro lineare)**

| COMPONENTI                             | ORIZZONTALI                    |                               | VERTICALI                      |                                |
|--|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|  | Forze KN                       | Momenti KNm                   | Forze KN                       | Momenti KNm                    |
| Spinta della terra su sez. R-S x 1.3   | 7.7                            | 7.9                           | 0.0                            | 0.0                            |
| Peso parete prefabbricata x 1.3        | 0.0                            | 0.0                           | 6.6                            | 4.2                            |
| Peso terra e sovraccarico x 1.3 x 1.5  | 0.0                            | 0.0                           | 29.3                           | 32.4                           |
| Spinta della terra sulla fondaz. x 1.3 | 5.0                            | 1.3                           | 0.0                            | 0.0                            |
| Peso della fondazione x 1.3            | 0.0                            | 0.0                           | 24.4                           | 18.4                           |
| <b>TOTALI (GEO e STR)</b>              | <b><math>S_g = 12.7</math></b> | <b><math>M_g = 9.1</math></b> | <b><math>P_g = 60.3</math></b> | <b><math>M_g = 55.0</math></b> |

**Stabilità (GEO) della struttura:**

**Calcolo dei carichi agenti sulla fondazione:** poiché la risultante di tutti i carichi è più vicina al punto P che al punto O, la platea appoggia sul terreno solo sul lato interno, come è indicato nella figura. Risulta:

Carico sul terreno sotto la fondazione:  $G_0 = 60.3$  kN      Larghezza dell'impronta d'appoggio:  $C_3 = 1.48$  m  
 TENSIONE unitaria sul terreno sotto la fondazione secondo Meyerhoff:  $\sigma_3 = 0.041$  MPa  
 OBLIQUITA' del carico sul terreno sotto la fondazione rispetto alla verticale:  $\beta = 11.9^\circ$   
 Scorrimento sul piano di posa: verificato essendo  $R_d = 60.3 * 0.58 = 35.0 > E_d = 12.7$

**Verifica delle sezioni allo s.l.u. (STR)**

Le sollecitazioni sono calcolate in base a un coefficiente di spinta sulla parete del pannello (Formula di Coulomb)  $K_0 = 0.204$   
 Freccia in cima al pannello mm: 0.11

| Sezione | Sollecitazioni esterne (1)       |                                  |              |          | Descrizione delle sezioni |                 |                      |                        |                                  |                |                    | Aree dei ferri (1)            |                    |                       | Sollecitazioni resistenti (1) |  |
|---------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|----------|---------------------------|-----------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|--|
|         | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. naturale | $M_{Ed}$ (1) sulla sez. traslata | $N_{Ed}$ (2) | $V_{Ed}$ | H altezza totale          | d altezza utile | B5 lato comp. presso | $b_w$ larghezza taglio | staffe $\alpha^\circ, ctg\theta$ | X1 asse neutro | A1 lato terrapieno | A2 lato facc. o infer. platea | A4 staffe          | $M_{Rd}$ baricentrico | $V_{Rd}$                      |  |
|         | kN.m                             | kN.m                             | kN           | kN       | cm                        | cm              | cm                   | cm                     |                                  | cm             | cm <sup>2</sup>    | cm <sup>2</sup>               | cm <sup>2</sup> /m | kN.m                  | kN                            |  |
| 1       | 3.6                              | 3.6                              | 9.7          | 4.3      | 37.7                      | 30.3            | 114.0                | 14.0                   | 90°, 1.0                         | 2.27           | 2.70               | 3.14                          | 4.02               | 35.8                  | 41.2                          |  |
| 2       | -1.7                             | -2.6                             | 5.1          | 14.2     | 40.0                      | 35.2            | 125.0                | 125.0                  | -                                | 3.08           | 2.28               | 4.74                          | 12.06              | -65.3                 | 179.2                         |  |
| 3       | -0.7                             | 0.5                              | 3.9          | 8.3      | 40.0                      | 34.0            | 125.0                | 125.0                  | -                                | 3.00           | 4.92               | 1.57                          | 3.02               | 64.9                  | 174.8                         |  |
| 1.2     | 0.2                              | 0.2                              | 2.7          | 0.7      | 28.7                      | 19.2            | 112.8                | 12.8                   | 73°, 1.0                         | 1.19           | 1.57               | 0.50                          | 3.96               | 12.6                  | 32.9                          |  |

(1) Grandezze su un pannello largo 1.25 m.  
 (2) Negativo se lo sforzo è di trazione

06/06/2018

Compilato con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers 2.7.0  
 Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**TENSITER**

**Scheda 9 - Verifica dello spessore della parete**

**Dati:** Prefabbricato tipo u15CL

|  |                             |              |              |                   |  |                   |
|--|-----------------------------|--------------|--------------|-------------------|--|-------------------|
| Serie del muro:                                  | <b>CL</b>                   | A1+M1        | A2+M2        | Sisma             | Altezza nominale del muro H0                               | <b>1.50</b> m     |
| Coefficiente di spinta (componente orizzontale): | <b>0.204</b>                | <b>0.265</b> | <b>0.364</b> |                   | Altezza della terra spingente H                            | <b>1.20</b> m     |
| Peso specifico della terra                       | <b>18.00</b>                | <b>18.00</b> | <b>18.00</b> | kN/m <sup>3</sup> | Spessore in cima alla parete                               | S= <b>10.0</b> cm |
| Sovraccarico sul rilevato vicino alla parete     | <b>0.00</b>                 | <b>0.00</b>  | <b>0.00</b>  | kN/m <sup>2</sup> | Spessore alla base della parete                            | T= <b>10.0</b> cm |
| Coefficienti moltiplicativi azioni               | ψ <sub>1</sub> = <b>1.3</b> | <b>1.0</b>   | <b>1.0</b>   |                   | Copriferro + tolleranza posizione + raggio tondino         | <b>4.0</b> cm     |
|  | ψ <sub>3</sub> = <b>1.5</b> | <b>1.3</b>   | <b>0</b>     |                   | Diametro del ferro [13] = trasversale corto                | <b>8.0</b> mm     |
| Pressione della terra alla base della parete     | <b>5.7</b>                  | <b>5.7</b>   | <b>7.9</b>   | kN/m <sup>2</sup> | Condizione più gravosa per la parete, assunta nel calcolo: | <b>Sisma</b>      |

Verifica SLU nella condizione più gravosa a ogni profondità tra A1+M1, A2+M2, Sisma. L'armatura può essere costruita in due modi:

a) Armatura costituita dai ferri [13] e [14], alternati, lontani tra loro "dist.Fe"

| z | Press             | Sbalzo | M1   | T1  | H1 <sub>min</sub> | Y1  | dist.Fe | A1                 | braccio | Mrd* | M1/Mrd | Trd* | T1/Trd |
|---|-------------------|--------|------|-----|-------------------|-----|---------|--------------------|---------|------|--------|------|--------|
| m | kN/m <sup>2</sup> | cm     | kN.m | kN  | cm                | cm  | cm      | cm <sup>2</sup> /m | cm      | kN.m |        | kN   |        |
| 1 | 4.6               | 55.9   | 0.72 | 2.6 | 10.00             | 6.0 | 20      | 2.51               | 5.65    | 5.56 | 0.129  | 36.0 | 0.071  |
| 2 | 11.1              | 55.4   | 1.71 | 6.2 | 10.00             | 6.0 | 18      | 2.79               | 5.61    | 6.13 | 0.279  | 37.3 | 0.166  |

\*Mrd e Trd sono calcolati con il DM 14/1/2008 Con l'EC2 Trd cresce del 9% circa

b) Armatura costituita dalla rete Ø8 passo 20 cm e dai ferri [13] lontani tra loro "dist.Fe"

N.B. La distanza "dist.Fe" archiviata nella tabella è quella per le serie NM e NP. Per avere il calcolo per la serie NL spostare la colonna citata di una cella verso il basso

| z | Press             | Sbalzo | M1   | T1  | H1 <sub>min</sub> | Y1  | dist.Fe | A1                 | braccio | Mrd* | M1/Mrd | Trd* | T1/Trd |
|---|-------------------|--------|------|-----|-------------------|-----|---------|--------------------|---------|------|--------|------|--------|
| m | kN/m <sup>2</sup> | cm     | kN.m | kN  | cm                | cm  | cm      | cm <sup>2</sup> /m | cm      | kN.m |        | kN   |        |
| 1 | 4.6               | 55.9   | 0.72 | 2.6 | 10.00             | 6.0 | -       | 2.51               | 5.65    | 5.56 | 0.129  | 36.0 | 0.071  |
| 2 | 11.1              | 55.4   | 1.71 | 6.2 | 10.00             | 6.0 | 100     | 3.02               | 5.58    | 6.59 | 0.259  | 38.2 | 0.161  |

**Significato delle colonne delle tabelle**

Tutte le grandezze riportate in una riga si riferiscono alla verifica di una sezione di incastro dell'ala della parete sulla costola

z Profondità della sezione si cui è fatta la verifica rispetto alla cima nominale del muro

Press Pressione della terra sulla parete. E' calcolata senza dedurre la riduzione di spinta per l'"effetto arco" della terra, dovuto all'attrito sui fianchi delle nervature, Esso porterebbe a una riduzione del 15%-50%.

Sbalzo Lunghezza dello sbalzo, cioè distanza della sezione dal bordo della parete.

M1 Momento flettente della sezione d'incastro sulla nervatura, dovuto alla spinta della terra sulla parete amplificata dai coefficienti ψ moltiplicativi delle azioni

T1 Sforzo di taglio, calcolato tenendo conto dei coefficienti amplificativi delle azioni, senza tenere conto delle riduzioni come piastra

H1<sub>min</sub> Altezza effettiva della sezione incastrata

Y1 Altezza utile della sezione incastrata. Y1 tiene conto di una tolleranza di 6 mm sullo spessore H1<sub>min</sub> e di un copriferro cfp = 30 mm.

dist.Fe Distanza tra i ferri [13] e [14], se non c'è la rete, o tra i soli ferri [14] che si aggiungono alla rete

A1 Area dell'armatura sulla fascia alta 1 metro che sta sopra la sezione in esame

x1 Distanza dell'asse neutro dal lembo compresso

Mrd Momento resistente di calcolo.

M1/Mrd Rapporto tra momento delle forze esterne (amplificate dai coefficienti ψ), e il momento resistente ultimo. La formattazione condizionale segnala l'eventuale insufficienza.

Trd Taglio resistente di calcolo.

T1/Trd Rapporto tra il taglio delle forze esterne (amplificate dai coefficienti ψ), e il taglio resistente ultimo. La formattazione condizionale segnala l'eventuale insufficienza.

Compilato  
 con il programma Tensiter 'Muri 2008' vers.2.7.0  
 Norma: Italia: D.M. 14/1/08

**Portanza della fondazione**

**Prefabbricato tipo u15CL**

**Calcolo con la formula di Brinch-Hansen 1970** (valida per terreno omogeneo e condizioni drenate)

**Dati geotecnici del terreno di fondazione:**

|          |                                  | Fondo di uno scavo di sbancamento profondo |       |                                |
|----------|----------------------------------|--|-------|--------------------------------|
| $\phi$   | Angolo d'attrito nominale        | gradi                                      | 30.0° | $\phi = \text{rad}$ 0.5236     |
| c        | Coesione drenata                 | kN/m <sup>2</sup>                          | 0     |                                |
| $\gamma$ | Peso specifico                   | kN/m <sup>3</sup>                          | 18.00 |                                |
| $\nu$    | Inclinazione del terreno a valle | %  | 0.0%  | $\epsilon = \text{rad}$ 0.0000 |

**Dati geometrici della fondazione:**

|       |   |   |      |                              |
|-------|---|---|------|------------------------------|
| E     | Spessore della terra sulla fondazione         | m | 0.30 |                              |
| F     | Spessore della fondazione (facciata di valle) | m | 0.10 |                              |
| $\nu$ | Inclinazione del letto di posa                | % | 0.0% | $\alpha = \text{rad}$ 0.0000 |

| Verifiche allo stato limite ultimo  |   |                   | A1+M1+R3      | A2+M2+R2                | Sisma        |
|---|---|-------------------|---------------|-------------------------|--------------|
| <b>Carichi agenti sulla fondazione:</b>   |   |                   |               |                         |              |
| N   | Componente verticale (G0)   | kN/m              | 53.0          | 40.7                    | 42.5         |
| $\beta$   | Obliquità del carico rispetto alla verticale  | gradi             | 9.20°         | 11.57°                  | 20.17°       |
| H   | Componente orizzontale = G0 * tan( $\beta$ )  | kN/m              | 8.6           | 8.3                     | 15.6         |
| B   | Larghezza del nastro di appoggio (C8)   | m                 | 1.41          | 1.46                    | 1.33         |
| <b>Dati influenzati dal tipo di verifica:</b>   |   |                   |               |                         |              |
| $\Phi$  | Angolo d'attrito assunto nel calcolo  | rad               | 0.5236        | 0.4327                  | 0.4327       |
| E5  | Distanza della risultante dal bordo esterno della fondazione                            | m                 | 0.71          | 0.73                    | 0.66         |
| D   | Affondamento = E + F + Q - M * I7   | m                 | 0.80          | 0.40                    | 0.40         |
| <b>Termini della formula di Brinch-Hansen</b>   |   |                   |               |                         |              |
| <b>Profondità</b>   | $= [\gamma D N_q] s_q d_q i_q b_q g_q z_q$  | kN/m <sup>2</sup> | <b>216.54</b> | <b>51.55</b>            | <b>29.20</b> |
| Coefficiente base   | $N_q = \tan^2(45^\circ + \Phi / 2) e^{\pi \tan \Phi}$                                   |                   | 18.40         | 10.43                   | 10.43        |
| Inclinaz. terreno a valle   | $g_q = (1 - \tan \epsilon)^2$   |                   | 1.00          | 1.00                    | 1.00         |
| Lunghezza del muro  | $s_q = 1$ (fondazione nastriforme)  |                   | 1.00          | 1.00                    | 1.00         |
| Larghezza fondazione  | $d_q = 1 + 2 \tan \Phi (1 - \sin \Phi)^2 \times \text{se}[D < B; D/B; \text{atn}(D/B)]$ |                   | 1.16          | 1.09                    | 1.09         |
| Inclinazione letto di posa  | $b_q = (1 - \alpha \tan \Phi)^2$  |                   | 1.00          | 1.00                    | 1.00         |
| Inclinaz. della risultante  | $i_q = (1 - H / N)^2$   |                   | 0.70          | 0.63                    | 0.40         |
| Paolucci e Pecker 1997  | $z_q = (1 - K_h / \tan \Phi)^{0.35}$  |                   | -             | -                       | <b>0.888</b> |
| <b>Coesione</b>   | $= [c N_c] s_c d_c i_c b_c g_c z_c$   | kN/m <sup>2</sup> | <b>0.00</b>   | <b>0.00</b>             | <b>0.00</b>  |
| Coefficiente base   | $N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$   |                   | 30.14         | 20.42                   | 20.42        |
| Inclinaz. terreno a valle   | $g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \Phi)$   |                   | 1.00          | 1.00                    | 1.00         |
| Lunghezza del muro  | $s_c = 1$ (fondazione nastriforme)  |                   | 1.00          | 1.00                    | 1.00         |
| Larghezza fondazione  | $d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \Phi)$   |                   | 1.17          | 1.09                    | 1.10         |
| Inclinazione letto di posa  | $b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \Phi)$   |                   | 1.00          | 1.00                    | 1.00         |
| Inclinaz. della risultante  | $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \tan \Phi)$   |                   | 0.69          | 0.59                    | 0.34         |
| Paolucci e Pecker 1997  | $z_c = 1 - 0.34 K_h$  |                   | -             | -                       | <b>0.955</b> |
| <b>Superficie</b>   | $= [1/2 \gamma B N_\gamma] s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma$                | kN/m <sup>2</sup> | <b>167.58</b> | <b>69.96</b>            | <b>28.35</b> |
| Coefficiente base   | $N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \Phi$  |                   | 22.40         | 10.56                   | 10.56        |
| Inclinaz. terreno a valle   | $g_\gamma = (1 - \tan \epsilon)^2$  |                   | 1.00          | 1.00                    | 1.00         |
| Lunghezza del muro  | $s_\gamma = 1$ (fondazione nastriforme)   |                   | 1.00          | 1.00                    | 1.00         |
| Larghezza fondazione  | $b_\gamma = (1 - \alpha \tan \Phi)^2$   |                   | 1.00          | 1.00                    | 1.00         |
| Inclinazione letto di posa  | $i_\gamma = (1 - H / N)m + 1$   |                   | 0.59          | 0.50                    | 0.25         |
|   | $m = 2$   |                   | 2.00          | 2.00                    | 2.00         |
| Paolucci e Pecker 1997  | $z_\gamma = (1 - K_h / \tan \Phi)^{0.35}$   |                   | -             | -                       | <b>0.888</b> |
| <b>Verifica della capacità portante</b>   |   |                   | Approccio 2   | Approccio 1 Combinaz. 2 |              |
| $q_{LIM}$   | Carico unitario limite (Meyerhof)   | Mpa               | 0.384         | 0.122                   | 0.058        |
| $\gamma_R$  | Coeff. per le verifiche SLU di fondazioni superficiali                                  |                   | 1.4           | 1.0                     | 1.0          |
| <b>C<sub>p</sub></b>  | <b>Capacità portante, tenuto conto di <math>\gamma_R</math></b>                         | <b>kN</b>         | <b>387.4</b>  | <b>177.8</b>            | <b>76.3</b>  |
| $G_0$   | Carico effettivo, dovuto alle forze esterne   | kN                | 53.0          | 40.7                    | 42.5         |
| <b>La struttura è verificata al collasso per carico limite dell'insieme fondazione terreno per l'approccio 2 (A1+M1+R3)</b> |   |                   |               |                         |              |

06/06/2018

Norma: Italia: D.M. 14/1/08

#### 14. VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE

A completamento delle verifiche geotecniche sono state condotte le analisi di stabilità globale dei muri in oggetto.

Cautelativamente, alla scarpata a tergo del muro è stata attribuita l'unità geotecnica con le peggiori caratteristiche geotecniche, i calcari marnosi alterati (unità MCC1b), i cui parametri sono riepilogati in seguito:

- $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$
- $\varphi = 38.8^\circ$
- $c' = 35 \text{ kPa}$

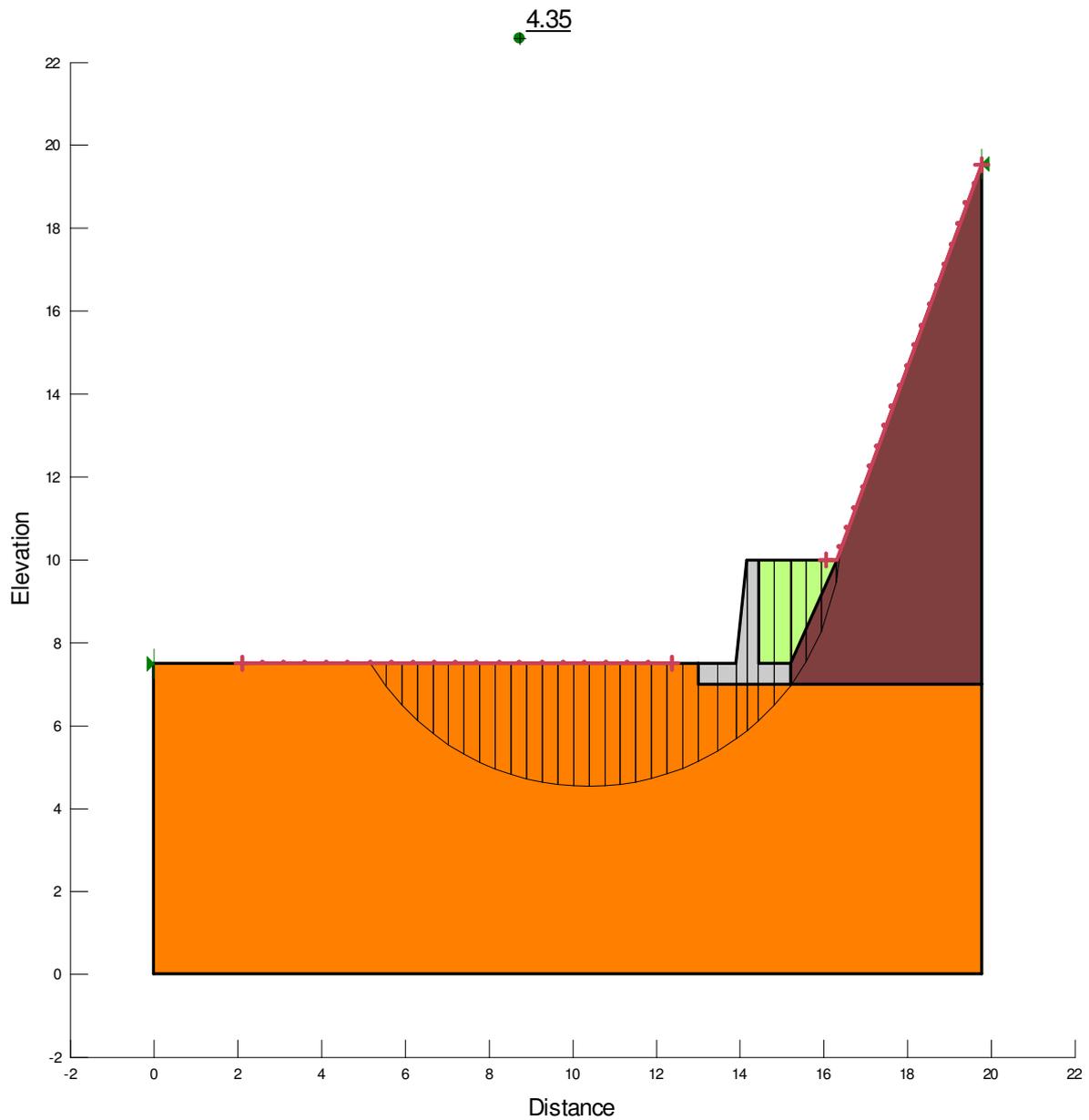
In fondazione invece, a favore di sicurezza, sono stati attribuiti gli stessi parametri di fondazione utilizzati per le verifiche di capacità portante della fondazione e scorrimento:

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- $\varphi = 30^\circ$
- $c' = 0 \text{ kPa}$

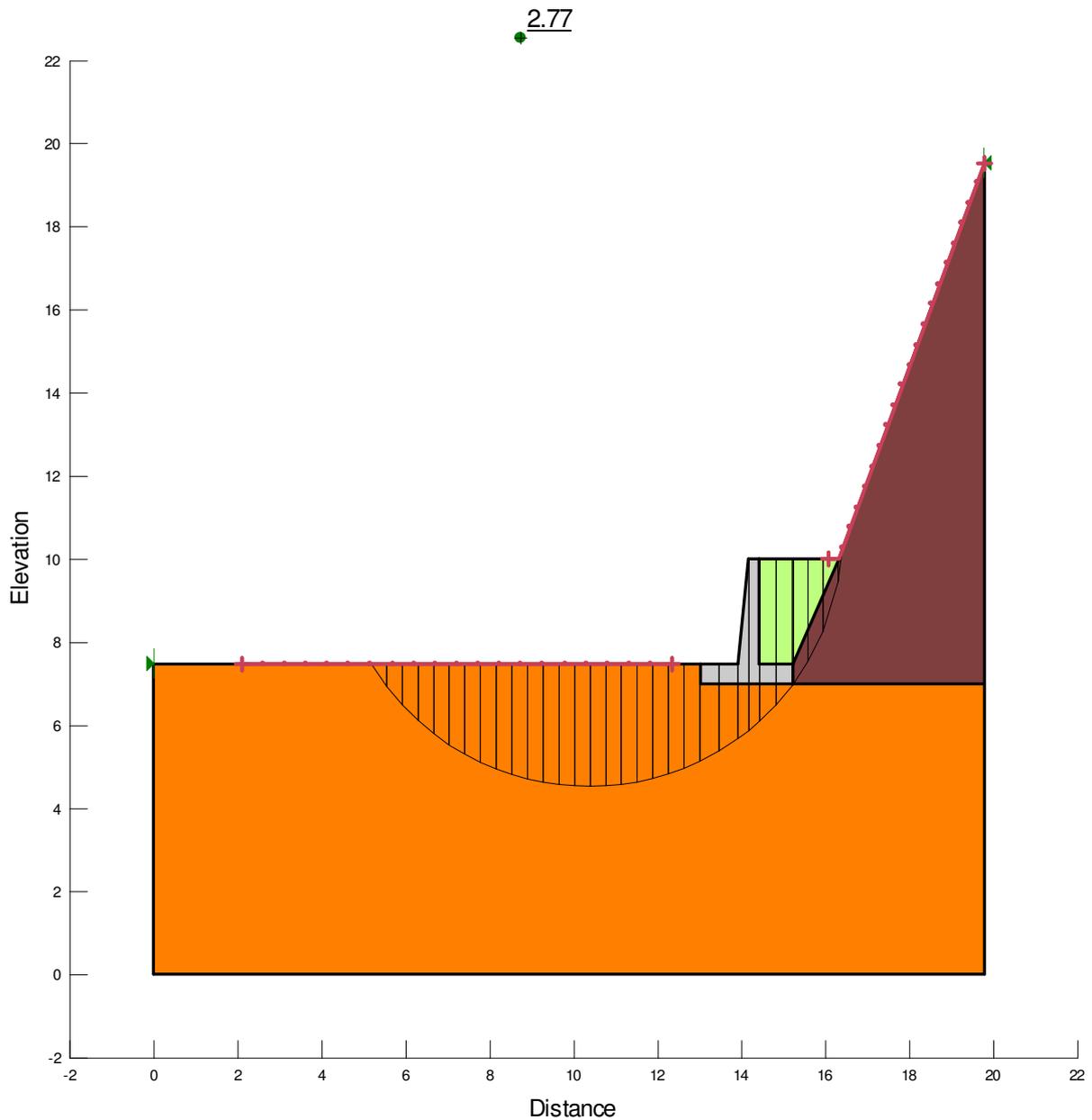
Nella tabella e nelle immagini seguenti si riportano i risultati delle verifiche di stabilità in condizioni statiche e sismiche.

**Tabella 3: risultati delle verifiche di stabilità**

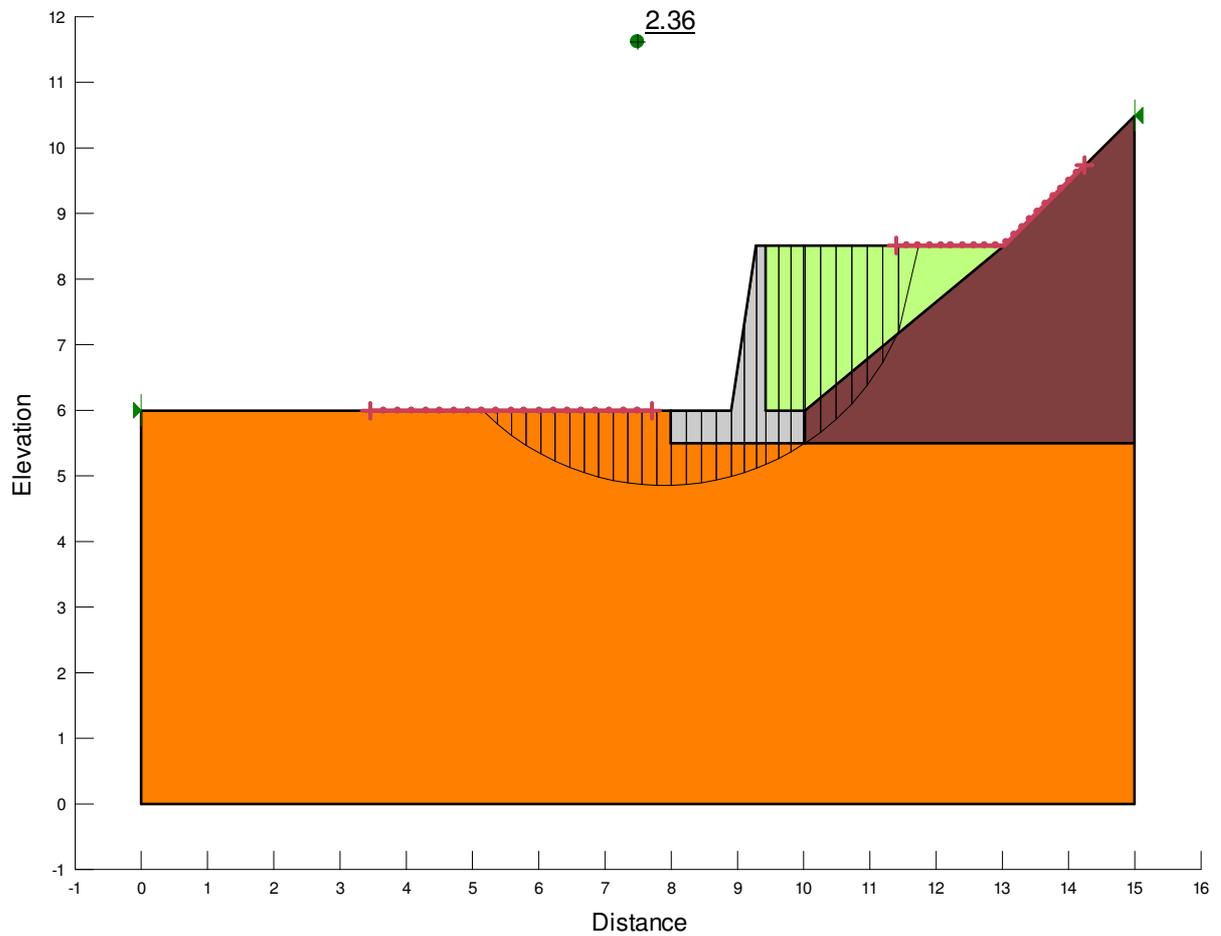
| Muro       | Stabilità |         |
|------------|-----------|---------|
|            | Statica   | Sismica |
| Tipo 1 e 2 | 4.35      | 2.77    |
| Tipo 3     | 2.36      | 1.85    |
| Tipo 4     | 2.88      | 2.14    |



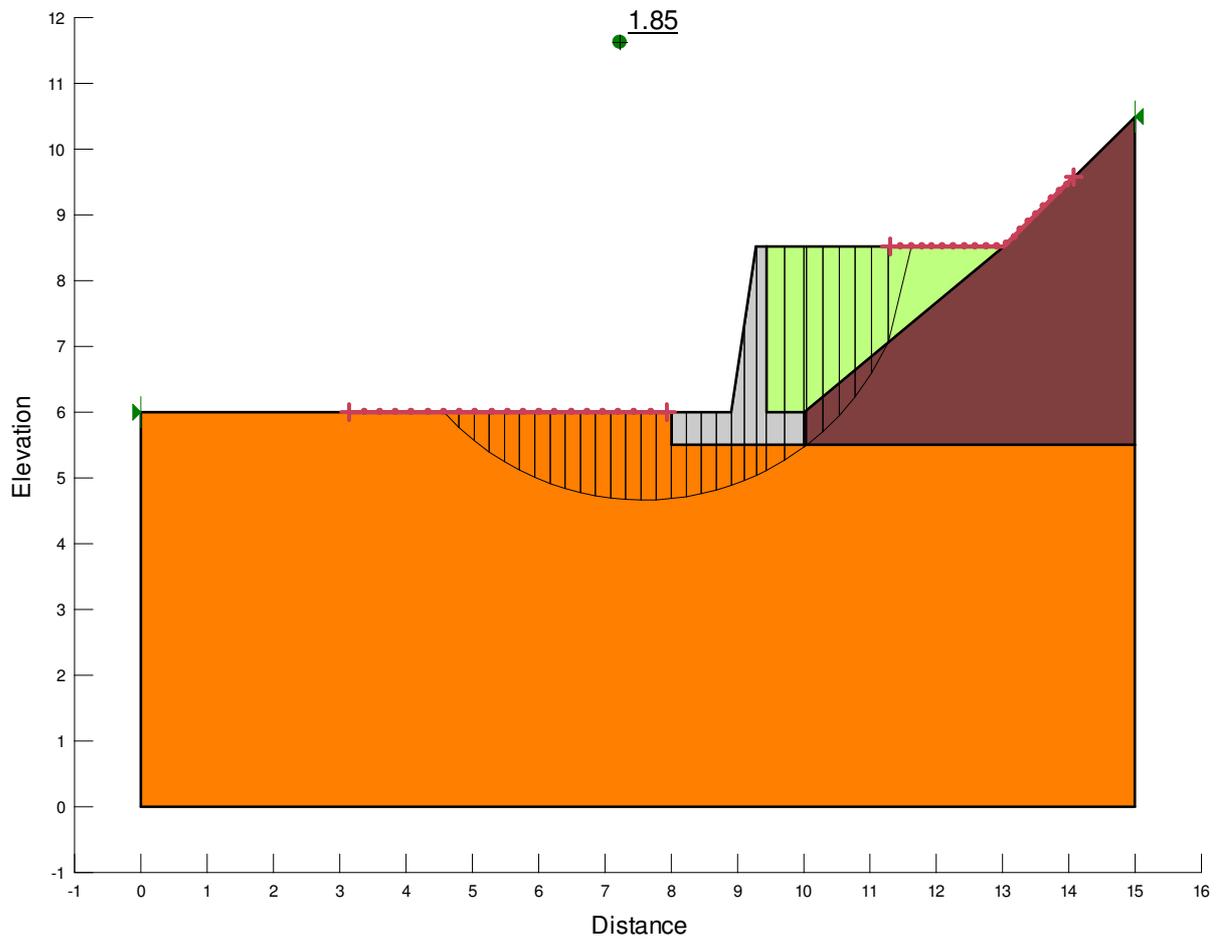
*Figura 2: Muro tipo 1 e 2, risultati della verifica di stabilità in condizioni statiche*



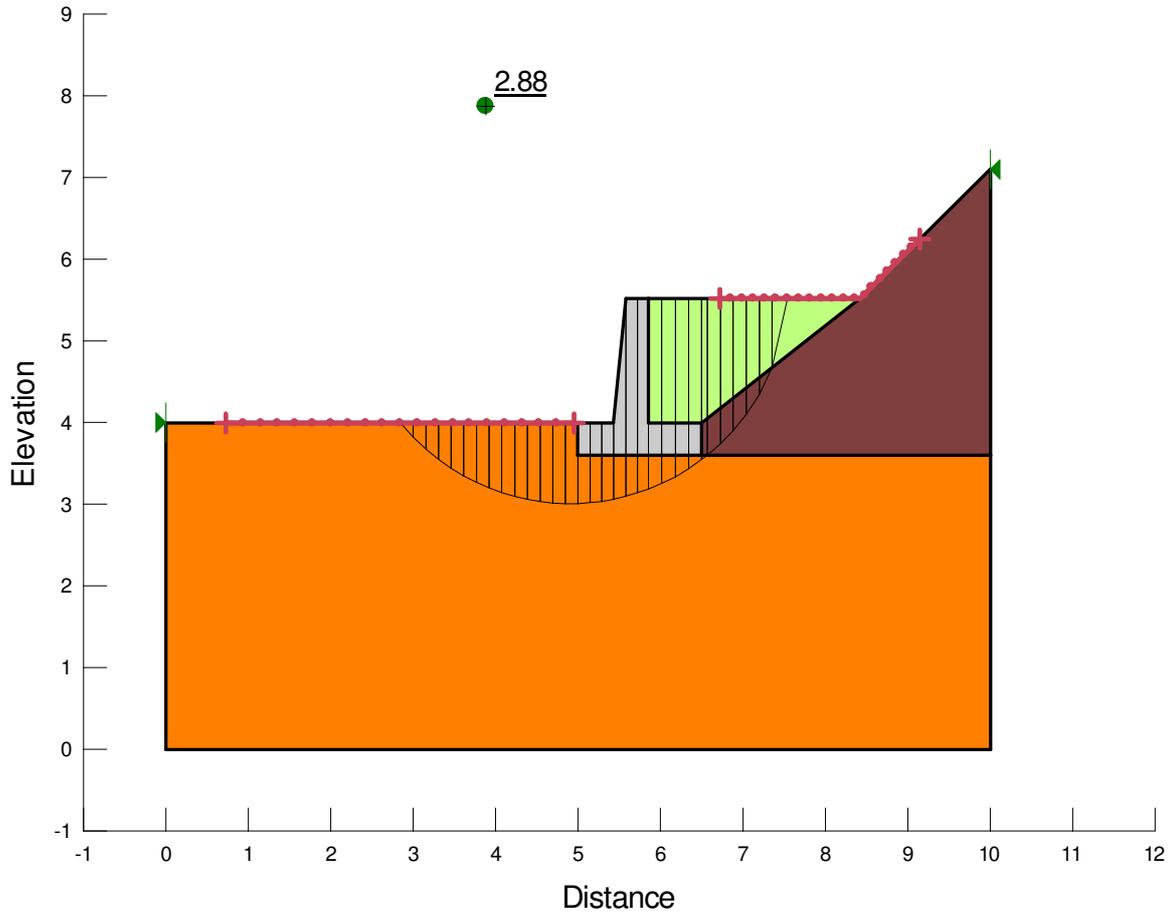
**Figura 3: Muro tipo 1 e 2, risultati della verifica di stabilità in condizioni sismiche**



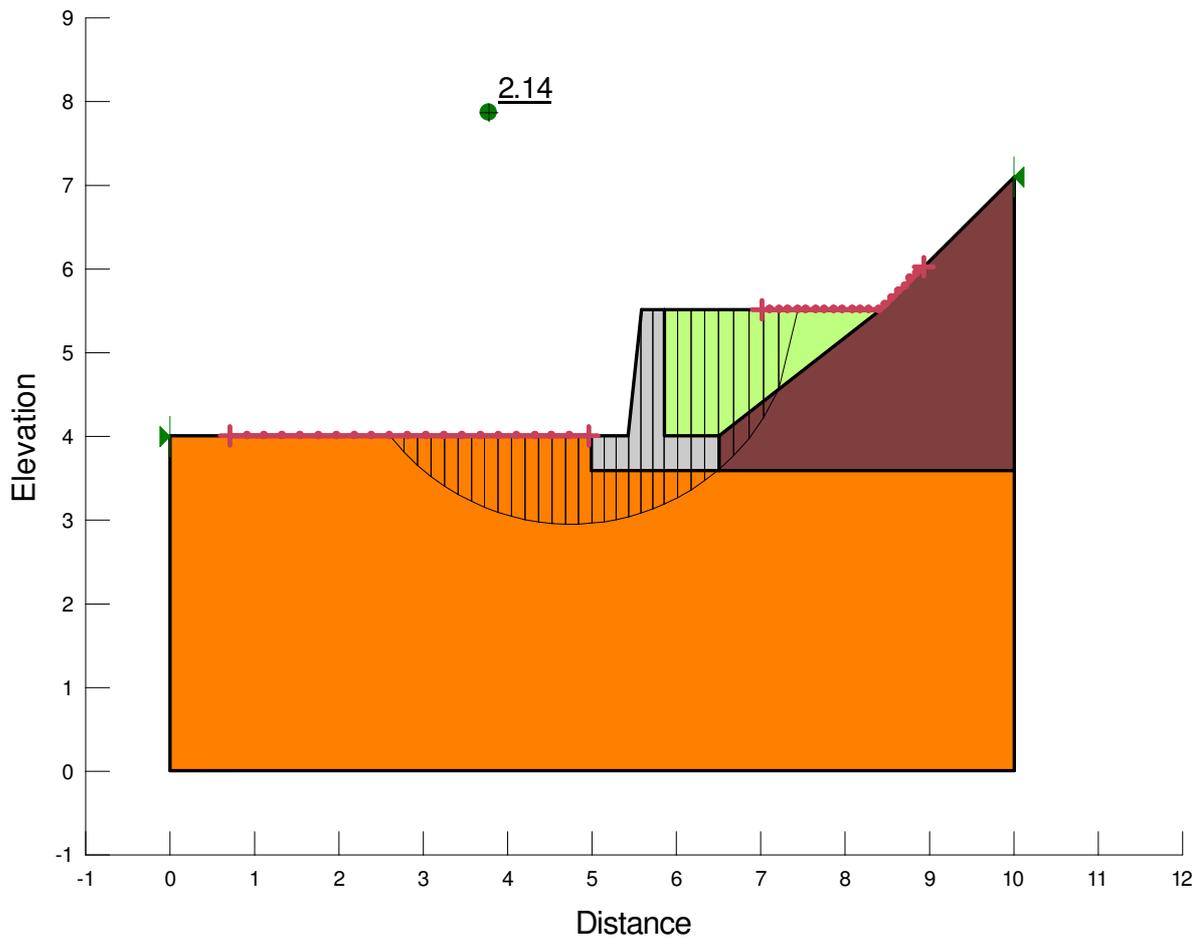
**Figura 4: Muro tipo 3, risultati della verifica di stabilità in condizioni statiche**



*Figura 5: Muro tipo 3, risultati della verifica di stabilità in condizioni sismiche*



*Figura 6: Muro tipo 4, risultati della verifica di stabilità in condizioni statiche*



*Figura 7: Muro tipo 4, risultati della verifica di stabilità in condizioni sismiche*

### 15. VERIFICA UPL

Verifica non necessaria vista l'assenza di falda

### 16. VERIFICA HYD

Verifica non necessaria vista l'assenza di falda