

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO DEFINITIVO**

VAR0031 – SSE BIVIO CORVI

PIAZZOLE TECNOLOGICHE

PIAZZOLA CORVI (BORZOLI)

Muro di sostegno piazzale quota +85.00 (MS01) – Relazione di calcolo

| | |
|-------------------------------------------|----------------------|
| GENERAL CONTRACTOR | DIRETTORE DEI LAVORI |
| Consorzio Cociv Ing. F. Poma | |

| | | | | | | | |
|----------|-------|------|------|-----------|------------------|--------|------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. |
| A 3 0 1 | 0 X | D | C V | C L | I N 2 1 0 X | 0 0 3 | A |

| Progettazione : | | | | | | | |
|-----------------|------------------------------------|-----------------|------------|-------------------|------------|-----------------------------|------------|
| Rev | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Progettista Integratore | Data |
| A00 | PRIMA EMISSIONE | IC <i>FR</i> | 20/07/2020 | COCIV <i>B</i> | 22/07/2020 | A.Mancarella <i>A</i> | 24/07/2020 |
| A01 | Revisione per nome direttore COCIV | COCIV | 08/09/21 | COCIV | 08/09/21 | P. Costa Medich <i>P</i> | 08/09/21 |
| | | | | | | | |



INDICE

| | | |
|------------|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. | PREMESSE | 4 |
| 2. | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 5 |
| 3. | PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA | 6 |
| 4. | AZIONE SISMICA | 7 |
| | 4.1. Accelerazione massima su suolo roccioso (tipo A)..... | 7 |
| | 4.2. Effetto di amplificazione locale | 7 |
| | 4.3. Accelerazione massima orizzontale al sito..... | 8 |
| 5. | CARATTERISTICHE MATERIALI | 9 |
| 6. | INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO | 10 |
| 7. | METODI DI CALCOLO E DI VERIFICA | 11 |
| | 7.1. Verifica di capacità portante del terreno di fondazione | 11 |
| | 7.2. Verifica di ribaltamento | 12 |
| | 7.3. Verifica allo scorrimento sul piano di posa | 12 |
| | 7.4. Verifica di stabilità globale | 13 |
| | 7.5. Verifiche strutturali di resistenza (SLU)..... | 14 |
| | 7.6. Verifica strutturale di fessurazione (SLE)..... | 14 |
| 8. | ANALISI DEI CARICHI | 15 |
| | 8.1. Peso proprio | 15 |
| | 8.2. Sovraccarico accidentale..... | 15 |
| | 8.3. Urto testa muro..... | 15 |
| | 8.4. Premessa sulla modellazione della spinta delle terre | 15 |
| | 8.5. Spinta "attiva" della terra in condizioni statiche | 16 |
| | 8.6. Spinta "attiva" della terra in condizioni sismiche | 17 |
| | 8.7. Spinta passiva della terra in condizioni statiche e sismiche..... | 18 |
| | 8.8. Combinazioni di carico e coefficienti parziali..... | 18 |
| 9. | SEZIONE TIPO 1 | 20 |
| 10. | SEZIONE TIPO 2 | 24 |
| 11. | ALLEGATO 1 – SEZIONE TIPO 1 – TABULATO | 28 |
| 12. | ALLEGATO 2 – SEZIONE TIPO 2 – TABULATO | 38 |

1. PREMESSE

La presente relazione documenta l'analisi e le verifiche di equilibrio del muro di sostegno MS01 previsto nell'ambito del Progetto Definitivo del piazzale tecnologico di Borzoli (sistema Alta Capacità Milano – Genova) in corrispondenza della cava "Serra", attualmente non più soggetta ad attività estrattiva.

Si tratta (cfr. figure n.1.1, 1.2) di un muro in c.a. di sostegno del piazzale a quota +85.00m s.l.m., costituito da due sezioni tipo di altezza pari a 7.10m per la sezione tipo 1, e di altezza pari a 4.20m per la sezione tipo 2. Lo sviluppo totale del muro è pari a 37.26m.

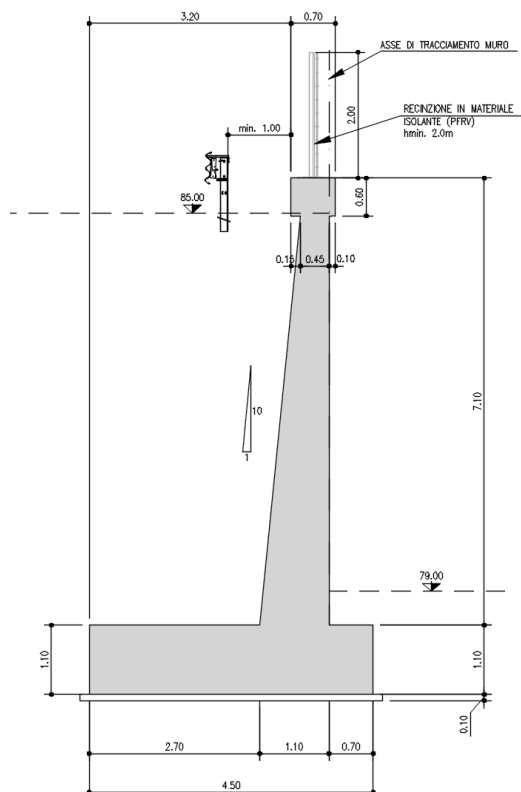


Figura n.1.1 – Geometria dell'opera – sezione tipo 1

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | A301-0X-D-CV-CL-IN21-0X-003-A01.DOC |
| | Foglio 6 di 48 |

3. PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA

Per l'analisi e la verifica del muro si è fatto ricorso al seguente codice di calcolo commerciale:

MAX-15 2018 _15.03.D – Aztec (analisi muri)

4. AZIONE SISMICA

Per le verifiche sismiche si assume quanto segue:

- ✓ Opera tipo 3
- ✓ Vita nominale dell'opera $V_N = 100$ anni
- ✓ Classe d'uso III
- ✓ Coefficiente d'uso 1.5

Si ottiene:

$V_R =$ periodo di riferimento = 100 anni \times 1.5 = 150 anni

Ovvero i tempi di ritorno di cui alla tabella seguente:

| STATI LIMITE | | $T_R = T_R(V_R)$ |
|--------------|------------|-------------------------------------|
| SLE | SLO | $T_R = 90$ anni |
| | SLD | $T_R = 151$ anni |
| SLU | SLV | $T_R = 1424$ anni |
| | SLC | $T_R = 2'475$ anni |

Tabella n.4.1 - Tempo di ritorno in funzione della vita di riferimento

4.1. ACCELERAZIONE MASSIMA SU SUOLO ROCCIOSO (TIPO A)

Coordinate geografiche sito (sistema ED50): Lat. 44.44477 – Long. 8.85738

Parametri per calcolo azione sismica su suolo roccioso:

| | T_R | a_g | F_0 | T_c^* |
|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| SLO | 90 | 0.037 | 2.547 | 0.234 |
| SLD | 151 | 0.045 | 2.518 | 0.266 |
| SLV | 1424 | 0.100 | 2.518 | 0.297 |
| SLC | 2475 | 0.121 | 2.511 | 0.301 |

Tabella n.4.2 - Parametri azione sismica su suolo roccioso

4.2. EFFETTO DI AMPLIFICAZIONE LOCALE

In accordo con la "Relazione Geotecnica" cui si rimanda per i dettagli si assume quanto segue:

- ✓ Terreno tipo B
- ✓ Coefficiente di amplificazione stratigrafica: $S_S = 1.2$ (categoria suolo B)
- ✓ Coefficiente di amplificazione stratigrafica: $S_T = 1.2$ (categoria topografica T2)

4.3. ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE AL SITO

$$a_{\max} = a_g \times S = a_g \times S_T \times S_s$$

| | T_R | a_{\max} |
|------------|-------------|--------------|
| SLO | 90 | 0.053 |
| SLD | 151 | 0.065 |
| SLV | 1424 | 0.144 |
| SLC | 2475 | 0.174 |

Tabella n.4.3 - Azione massima orizzontale al sito

5. CARATTERISTICHE MATERIALI

Calcestruzzo per getti protetti (fondazione)

- Classe di resistenza: **C25/30**
- Classe di esposizione: XC2
- Rapporto massimo a/c: 0.60
- copriferro netto: 30+10mm

Calcestruzzo per getti esposti (elevazioni e cordoli di testa)

- Classe di resistenza: **C32/40**
- Classe di esposizione: XS1
- Rapporto massimo a/c: 0.50
- copriferro netto: 30+10mm

Acciaio per armature lente

- barre in acciaio **B450C** ad aderenza migliorata:
- tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} \geq 540\text{MPa}$
- tensione caratteristica di snervamento : $f_{yk} \geq 450\text{MPa}$
- sovrapposizione continua: 50Ø

Calcestruzzo per magro di sottofondazione

- Classe di resistenza: **C12/15**
- Contenuto minimo di cemento: 150kg/mc

Per maggiori dettagli sui materiali si rimanda alle tavole di progetto.

6. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO

Con riferimento alla “*Relazione Geotecnica*”, ai fini delle analisi di seguito documentate si fa riferimento alla seguente stratigrafia di calcolo ($z=m$ da p.c. locale):

$z \cong 0 \div 4.00m$: Materiale di riporto costituito da ghiaia etero metrica con ciottoli, sabbiosa con clasti poligenici e tracce di laterizi;

$z \cong 4.00 \div 10.00m$: Substrato roccioso costituito da serpentinoscisti completamente alterati e destrutturati (eluvio).

Per quanto concerne le caratteristiche geotecniche del materiale di riporto, del substrato roccioso alterato e del materiale di riempimento a tergo dei muri, si considera quanto riportato in tabella n.6.1 (parametri “caratteristici”).

| Parametro | | Materiale di riporto | Substrato roccioso alterato | Materiale di riempimento |
|------------------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Peso naturale di volume sat. | γ_{sat} (kN/m ³) | 20 | 28 | 19 |
| Angolo di attrito | φ' (°) | 34 | 28-30 | 36 |
| Coesione efficace | c' (kPa) | 0 | 300 | 0 |
| Angolo di attrito terra/muro | δ (°) | 0.67φ | 0.67φ | -- |

Tabella n.6.1 – Parametri caratteristici di resistenza al taglio

Si precisa che le caratteristiche del materiale di riporto presente in sito sono state definite in via cautelativa in assenza di specifiche indagini, mentre le caratteristiche del materiale di riempimento sono state definite con riferimento a valori “tipici” in uso nella prassi progettuale.

La falda non interessa le opere in progetto.

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | A301-0X-D-CV-CL-IN21-0X-003-A01.DOC Foglio 11 di 48 |

7. METODI DI CALCOLO E DI VERIFICA

7.1. VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Si fa riferimento al paragrafo 6.5.3.1.1 per la statica, mentre per la sismica al paragrafo 7.11.6.2.2 delle NTC. La verifica di capacità portante del terreno viene svolta sotto le seguenti ipotesi:

- Approccio di calcolo: 2
- Stato limite (SLU): GEO
- Coefficienti parziali: A_1, M_1, R_3

Si verifica che valga:

$$q_d \leq (q_{lim} / \gamma_R)$$

Dove:

q_d = pressione media (Meyerhof) all'imposta (da verifica muro)

q_{lim} = resistenza limite del terreno (Brinch-Hansen)

γ_{R_s} = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo = 1.4 (condizioni statiche – tab. 6.5.I)

γ_{R_e} = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo = 1.2 (condizioni sismiche – tab. 7.11.III)

Per il calcolo della portata limite del terreno si adotta la formulazione proposta da Brinch-Hansen (1970) per terreno granulare. Si fanno le seguenti ipotesi generali:

- Fondazioni rigide.
- Piano di posa e di campagna orizzontali.
- Si assume che il sovraccarico del terreno posto al di sopra della quota di imposta agisca solo come forza esterna stabilizzante (coefficienti di profondità nulli).
- Si trascura, a favore di sicurezza, la preconsolidazione dovuta allo scavo fino alla quota di imposta.

In presenza di carichi eccentrici si ricorre al criterio proposto Meyerhof che prevede di calcolare la capacità del terreno con riferimento alla larghezza "netta" (B'):

$$B' = B - 2e$$

dove:

B = dimensioni "reali" della fondazione;

e = eccentricità del carico

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | |
| | A301-0X-D-CV-CL-IN21-0X-003-A01.DOC | Foglio 12 di 48 |

7.2. VERIFICA DI RIBALTAMENTO

Si fa riferimento al paragrafo n.6.5.3.1.1 e 7.11.6.2 delle NTC. La verifica a ribaltamento viene svolta sotto le seguenti ipotesi:

- Approccio di calcolo: 2
- Coefficienti parziali: A_1, M_1, R_3

Si verifica che valga:

$$M_{d-r} \leq (M_{d-s} / \gamma_R)$$

dove:

M_{d-r} = momento di calcolo ribaltante da calcolo muro

M_{d-s} = momento di calcolo stabilizzante da calcolo muro

$\gamma_{R,s}$ = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo = 1.15 (condizioni statiche – tab. 6.5.I)

$\gamma_{R,e}$ = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo = 1.00 (condizioni sismiche – tab. 7.11.III)

7.3. VERIFICA ALLO SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA

Si fa riferimento al paragrafo n.6.4.2.1 e 7.11.5.3.1 delle NTC. La verifica di scorrimento sul piano di posa viene svolta sotto le seguenti ipotesi:

- Approccio di calcolo: 2
- Stato limite (SLU): GEO
- Coefficienti parziali: A_1, M_1, R_3

Si verifica che valga:

$$H_d \leq (R_d / \gamma_R)$$

Dove:

H_d = azione orizzontale di calcolo all'imposta della fondazione da calcolo del muro

R_d = resistenza di calcolo allo scorrimento

$\gamma_{R,s}$ = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo = 1.1 (condizioni statiche – tab. 6.5.I)

$\gamma_{R,e}$ = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo = 1.0 (condizioni sismiche – tab. 7.11.III)

La resistenza di calcolo allo scorrimento viene definita sulla base della seguente espressione:

$$R_d = N_d \tan(\delta_d)$$

dove:

N_d = azione assiale da calcolo del muro

δ_d = angolo di attrito di calcolo = $2/3 \phi'_k$

7.4. VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

Si fa riferimento al paragrafo n.6.8.2 e 7.11.4 delle NTC-2008. La verifica di stabilità viene svolta sotto le seguenti ipotesi:

- Approccio di calcolo: 1
- Combinazione: 2
- Coefficienti parziali: A_2, M_2, R_2 (vedere tabella n.7.1)

Si verifica che valga:

$$\tau_m \leq (\tau_s / \gamma_R)$$

Dove:

τ_m = sforzo di taglio mobilitato

τ_s = sforzo di taglio disponibile

γ_R = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo (NTC - §6.8.2 e 7.11.4)

I valori delle forze mobilitanti e resistenti sono definiti in rapporto ai coefficienti parziali (tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.8.I e 7.11.4 delle NTC) di cui alla tabella n.7.1:

| VERIFICA | γ_F | | | γ_M | | | γ_R |
|------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| | Permanenti sfavorevoli | | Accidentali sfavorevoli | $\tan(\phi')$ | c' | c_u | |
| | Strutturali e permanenti definiti (p.p., spinte terra e acqua) | Permanenti non definiti | | | | | |
| STATICA | 1.00 | 1.30 | 1.30 | 1.25 | 1.25 | 1.40 | 1.10 |
| SISMA_SLV | 1.00 (1) | 1.00 (1) | 1.00 (1) | 1.00 (1) | 1.00 (1) | 1.00 (1) | 1.20 |

(1) – da paragrafo n.7.11.1 NTC

Tabella n.7.1- Coefficienti parziali

Per il calcolo della superficie di rottura si ricorre al metodo dell'equilibri limite proposto da **Bishop** (1965). La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Detta superficie viene definita su una maglia di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il solido in potenziale movimento è suddiviso in 25 elementi.

Le equazioni di equilibrio applicate al generico elemento sono di seguito riassunte:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{b_i c_i + W_i \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

Con:

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

Dove:

n = numero di elementi (25)

b_i = lunghezza base dell'elemento i-esimo

α_i = inclinazione della base dell'elemento i-esismo
 W_i = peso dell'elemento i-esismo

7.5. VERIFICHE STRUTTURALE DI RESISTENZA (SLU)

Si rimanda ai criteri di verifica di cui al paragrafo 4.1.2 delle NTC (2008) ed alle caratteristiche dei materiali di cui ai precedenti capitoli.

7.6. VERIFICA STRUTTURALE DI FESSURAZIONE (SLE)

Il valore di calcolo di apertura delle fessure viene valutato (paragrafo 4.1.2.2.4.6) con l'espressione:

$$w_d = 1.7 w_m = 1.7 (\varepsilon_{sm} \Delta_{sm})$$

dove:

ε_{sm} = deformazione unitaria media della barra di armatura

Δ_{sm} = distanza media tra le fessure

Il valore di calcolo deve risultare inferiore al limite definito dai seguenti valori nominali (paragrafo 4.1.2.2.4.1):

$w_1 = 0.2\text{mm}$

$w_2 = 0.3\text{mm}$

$w_3 = 0.4\text{mm}$

Lo stato limite di fessurazione deve essere scelto in funzione delle condizioni ambientali, e delle sensibilità delle armature come riassunto nelle tabelle di cui al seguito.

Tab. 4.1.III - Descrizione delle condizioni ambientali

| Condizioni ambientali | Classe di esposizione |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie | X0, XC1, XC2, XC3, XF1 |
| Aggressive | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4 |

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

| Gruppi di Esigenze | Condizioni ambientali | Combinazione di azioni | Armatura | | | |
|--------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------------------------|------------|
| | | | Sensibile Stato limite | w_k | Poco sensibile Stato limite | w_k |
| A | Ordinarie | frequente | apertura fessure | $\leq w_2$ | apertura fessure | $\leq w_3$ |
| | | quasi permanente | apertura fessure | $\leq w_1$ | apertura fessure | $\leq w_2$ |
| B | Aggressive | frequente | apertura fessure | $\leq w_1$ | apertura fessure | $\leq w_2$ |
| | | quasi permanente | decompressione | - | apertura fessure | $\leq w_1$ |
| C | Molto aggressive | frequente | formazione fessure | - | apertura fessure | $\leq w_1$ |
| | | quasi permanente | decompressione | - | apertura fessure | $\leq w_1$ |

Nel caso in studio si considera:

- Gruppo: a
- Condizioni ambientali: aggressive per getti esposti (classe di esposizione XS1)
ordinarie per getti protetti (classe di esposizione XC1)
- Armatura: poco sensibile (acciaio ordinario)

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | |
| | A301-0X-D-CV-CL-IN21-0X-003-A01.DOC | Foglio 15 di 48 |

8. ANALISI DEI CARICHI

8.1. PESO PROPRIO

Il peso proprio dei getti in c.a. è valutato in ragione di 25kN/m³.

8.2. SOVRACCARICO ACCIDENTALE

Il sovraccarico accidentale stradale e autostradale è modellato, cautelativamente, con una pressione media uniforme distribuita su tutta la carreggiata di entità pari a 20KN/m².

8.3. URTO TESTA MURO

Ove è prevista l'installazione di una barriera in acciaio si considera che il muro possa essere sollecitato dall'azione dell'urto per lo svio dei veicoli.

In accordo con le NTC (paragrafo n.3.6.3) si considera l'azione dovuta all'urto nel caso di un'automobile su area di parcheggio, che prevede l'applicazione di una forza (F) di entità pari a 50kN ad un'altezza (h) pari a 50cm dal piano viario, ripartita su una larghezza (L) pari al minimo tra 1.50m e la larghezza della membratura verticale.

- Ai fini delle verifiche di seguito documentate si considera quindi quanto segue:

$$M_d = Fh/L = 50 \times 0.5 / 1.5 = 16.67 \text{ kNm/m}$$

$$V_d = F/L = 50 / 1.5 = 33.33 \text{ kN/m}$$

Tale impostazione viene mantenuta prudenzialmente anche ai fini delle verifiche di equilibrio "globale" (scorrimento, ribaltamento e capacità portante del terreno di fondazione) laddove la condizione di carico in presenza di urto risulti non dimensionante;

- Nei casi in cui la condizione di carico in presenza di urto risulti invece dimensionante ai fini delle verifiche di equilibrio "globale" (scorrimento, ribaltamento e capacità portante del terreno di fondazione) si considera, più realisticamente, una ripartizione sul concio di minore lunghezza (L_{min}) del muro in oggetto, ottenendo pertanto quanto segue:

$$M_d = Fh/L_{min}$$

$$V_d = F/L_{min}$$

8.4. PREMessa SULLA MODELLAZIONE DELLA SPINTA DELLE TERRE

L'analisi geotecnica e strutturale del muro viene svolta con l'ausilio del codice di calcolo **MAX15** (Geostru) che consente di definire i valori di spinta dovuti alla terra ed alle azioni esterne mediante più generale (*Culmann*) basato sulla nota teoria dell'equilibrio limite.

Tale metodo, che adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb, consente di analizzare situazioni con profilo del terreno a tergo del muro di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti.

I passi del procedimento risolutivo implementati sono i seguenti:

1. si ipotizza una superficie di rottura piana (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
2. si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
3. dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.
4. I passi da 1 a 3 vengono iterati fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima

In figura n.8.1 è illustrato lo schema concettuale seguito nel calcolo delle spinte e dei relativi equilibri. Si osserva che le verifiche strutturali sono riferite ad una sezione corrispondente con il paramento interno dell'elevazione mentre le verifiche geotecniche sono riferite ad una ideale sezione tracciata in corrispondenza dell'oggetto di monte.

E' da notare che i valori degli angoli δ_1 e δ_2 (funzione degli angoli d'attrito ϕ_1 e ϕ_2) relativi rispettivamente al terreno di riempimento ed al terreno spingente definiscono (di fatto) l'inclinazione rispetto alla normale alla sezione di calcolo delle forze risultanti (spinta della terra, sovraccarichi, ecc.) impiegate nel calcolo per le verifiche strutturali (S_1) e per le verifiche geotecniche (S_2).

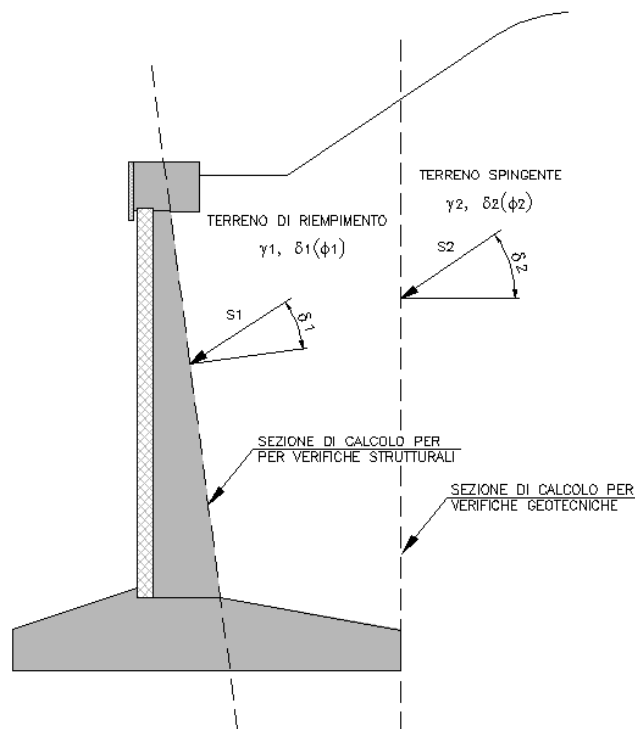


Figura n.8.1 – Schema per il calcolo delle spinte

8.5. SPINTA “ATTIVA” DELLA TERRA IN CONDIZIONI STATICHE

Come anticipato nel precedente capitolo per il calcolo della spinta della terra si fa riferimento al metodo di *Culmann* (o metodo del cuneo di tentativo) implementato automaticamente nel codice di calcolo **MAX-15**.

Vista la tipologia delle opere si fa riferimento ad un regime di **spinta “attiva”**

8.6. SPINTA “ATTIVA” DELLA TERRA IN CONDIZIONI SISMICHE

Per considerare l'incremento di spinta dovuto al sisma si fa riferimento al metodo di *Mononobe-Okabe*. Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\begin{aligned}\varepsilon' &= \varepsilon + \theta \\ \beta' &= \beta + \theta\end{aligned}$$

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h .

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da:

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale:

$$A = [\cos^2(\beta + \theta)] / [\cos^2\beta \cos\theta]$$

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta.

Oltre a questo incremento il codice di calcolo tiene conto anche delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze (applicate nel baricentro dei pesi) vengono valutate come di seguito indicato:

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi.

Nel caso specifico in studio i coefficienti sismici k_h e k_v valgono (cfr. NTC – tabella n.7.1.II e paragrafo n.4.5):

$$\begin{aligned}k_h &= \beta_m \cdot (a_{max} / g) \\ k_v &= \pm 0.5 \cdot k_h\end{aligned}$$

dove:

a_{max} = accelerazione massima al sito = $a_g \times S_s \times S_T$

g = accelerazione di gravità

k_h = coefficiente sismico orizzontale

k_v = coefficiente sismico verticale

β_m = coefficiente moltiplicativo di cui alla tabella n.8.1

| | β_m | |
|----------------------|-----------|--------------|
| | Tipo A | Tipo B-C-D-E |
| $0.2 < a_g \leq 0.4$ | 0.31 | 0.31 |
| $0.1 < a_g \leq 0.2$ | 0.29 | 0.24 |
| $a_g \leq 0.1$ | 0.20 | 0.18 |

Tabella n.8.1 – Coefficiente β (da NTC – 7.11.II)

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | |
| | A301-0X-D-CV-CL-IN21-0X-003-A01.DOC | Foglio 18 di 48 |

Nel caso in studio si ottiene (SLV):

$$k_h = \beta_m \cdot (a_{max} / g) = 0.27 \cdot 0.203 = 0.0550$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = \pm 0.5 \cdot 0.055 = \pm 0.0275$$

8.7. SPINTA PASSIVA DELLA TERRA IN CONDIZIONI STATICHE E SISMICHE

Il contributo stabilizzante della spinta passiva viene trascurato a favore di sicurezza.

8.8. COMBINAZIONI DI CARICO E COEFFICIENTI PARZIALI

Si fa riferimento al paragrafo n.6.5.3.1.1 e 7.11.6.2.2 delle NTC. Per l'analisi del muro si considerano i seguenti stati limite:

Verifiche di resistenza (statico SLU e sismico SLV)

GEO: Verifica di capacità portante della fondazione

GEO: Verifica di scorrimento sul piano di posa

STR: Verifiche strutturali di resistenza

EQU: Verifica di ribaltamento

Verifiche di fessurazione

SLE: Verifiche strutturali di fessurazione

Nello specifico si possono pertanto definire le seguenti combinazioni di carico con relativi coefficienti parziali (tabella n.8.2):

| CONDIZIONE DI CARICO | TIPO DI VERIFICA | RESISTENZA | AZIONI | | | | |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|
| | | γ_M | Peso proprio del muro γ_{G1} | Spinta terra γ_{G1} | Traffico γ_{q1} | Urto γ_{q2} | Sisma |
| TRAFFICO | STRUTTURALE CAP. PORTANTE SCORRIMENTO RIBALTAMENTO | M₁ | 1.3 | 1.3 | 1.5 | -- | 0.0 |
| URTO | STRUTTURALE CAP. PORTANTE SCORRIMENTO RIBALTAMENTO | M₁ | 1.0 ⁽¹⁾ | 1.0 ⁽¹⁾ | 1.0 ⁽¹⁾ | 1.0 ⁽¹⁾ | 0.0 |
| SISMA | STRUTTURALE CAP. PORTANTE SCORRIMENTO RIBALTAMENTO | M₁ | 1.0 | 1.0 | 0.0 ⁽²⁾ | 0.0 ⁽²⁾ | 1.0 |
| QP (quasi perm.) | FESSURAZIONE | M₁ | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| FR (frequente) | | | 1.0 | 1.0 | 0.75 | 0.0 | 0.0 |

⁽¹⁾ in accordo al paragrafo NTC n.3.6.3 si considera l'urto come condizione "eccezionale"

⁽²⁾ in accordo al paragrafo NTC n.2.5.3 si considerano coefficienti di contemporaneità $\Psi_{2j}=0.0$

Tabella n.8.2 – Coefficienti e combinazioni per calcolo del muro

9. SEZIONE TIPO 1

Si riportano le verifiche globali della sezione tipo 1 con altezza massima di calcolo dell'elevazione pari a 7.10m (vedere figura n.9.1). Sulla sommità è prevista l'installazione di una barriera di sicurezza metallica.

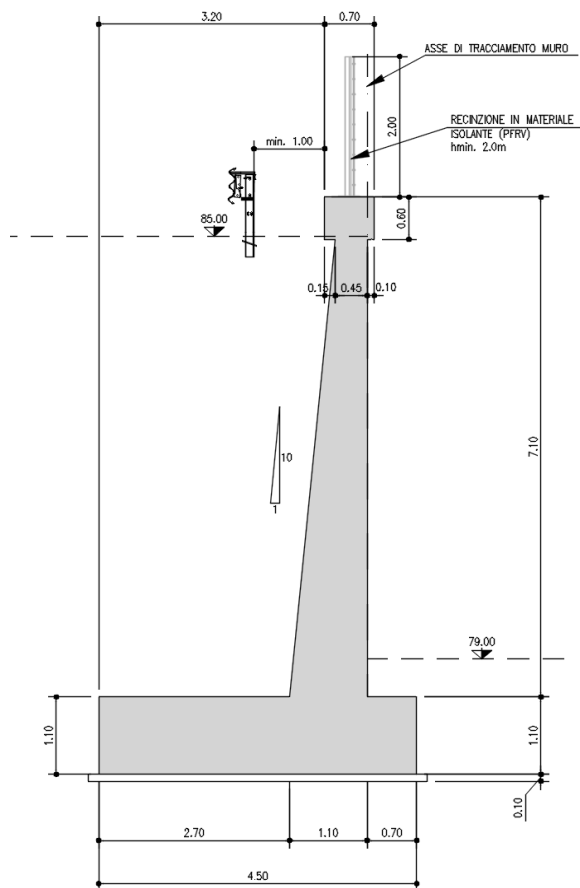


Figura n.9.1 – Carpenteria sezione tipo 1

Segue (figura n.9.2) immagine della geometria del modello di calcolo MAX15 considerata per la verifica:

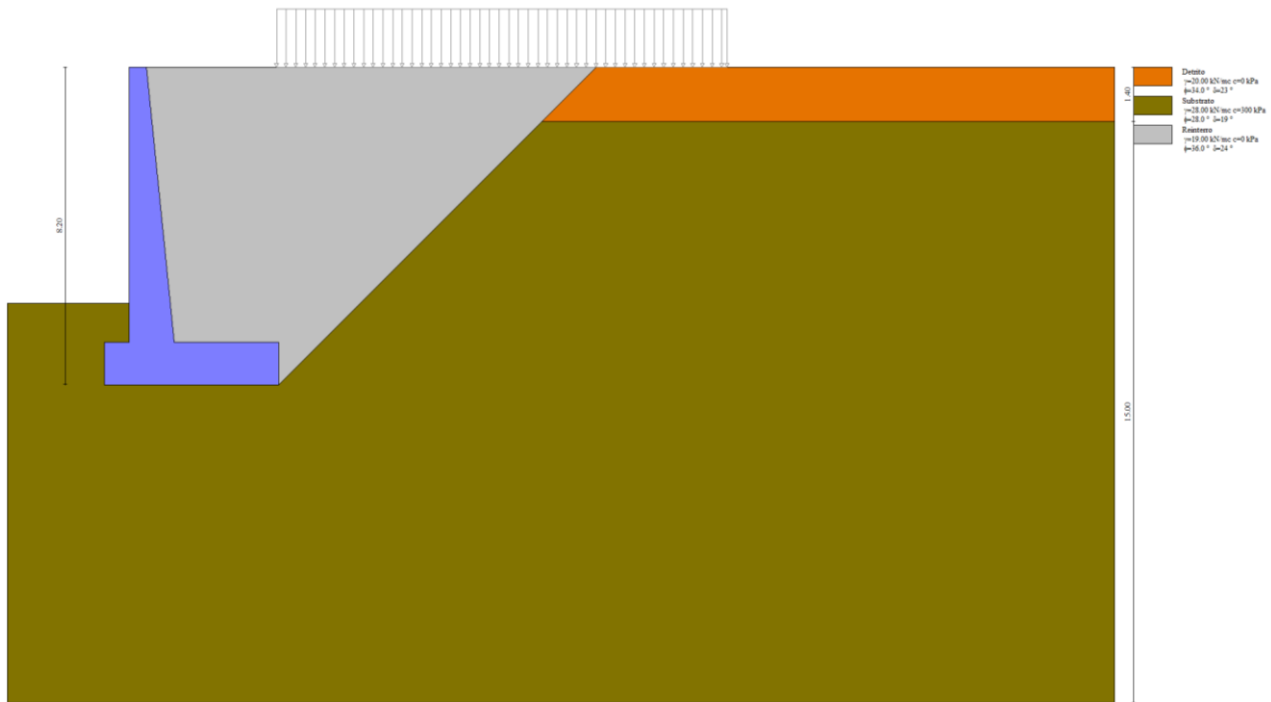


Figura n.9.2 – Sezione di verifica codice MAX15

Si riportano di seguito i principali risultati in relazione ai coefficienti di sicurezza ottenuti per tutte le combinazioni di carico ed alle azioni interne in elevazione e fondazione. Per tutti i dettagli delle analisi e delle verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo di cui **all'allegato 1**.

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

| | |
|--------------------|------------------------------------------------------------|
| Cmb | Indice/Tipo combinazione |
| S | Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale) |
| FS _{SCO} | Coeff. di sicurezza allo scorrimento |
| FS _{RIB} | Coeff. di sicurezza al ribaltamento |
| FS _{QLIM} | Coeff. di sicurezza a carico limite |
| FS _{STAB} | Coeff. di sicurezza a stabilità globale |
| FS _{HYD} | Coeff. di sicurezza a sifonamento |
| FS _{UPL} | Coeff. di sicurezza a sollevamento |

| Cmb | Sismica | FS _{SCO} | FS _{RIB} | FS _{QLIM} | FS _{STAB} | FS _{HYD} | FS _{UPL} |
|---------------------|---------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 1 - STR (A1-M1-R3) | | 1.135 | | 17.541 | | | |
| 2 - STR (A1-M1-R3) | H + V | 1.313 | | 21.214 | | | |
| 3 - STR (A1-M1-R3) | H - V | 1.293 | | 21.946 | | | |
| 4 - STR (A1-M1-R3) | | 1.430 | | 18.361 | | | |
| 5 - STR (A1-M1-R3) | | 1.316 | | 18.961 | | | |
| 6 - STR (A1-M1-R3) | | 1.249 | | 17.330 | | | |
| 7 - GEO (A2-M2-R2) | | | | | 8.766 | | |
| 8 - GEO (A2-M2-R2) | H + V | | | | 11.494 | | |
| 9 - GEO (A2-M2-R2) | H - V | | | | 11.964 | | |
| 10 - EQU (A1-M1-R3) | | | 3.001 | | | | |
| 11 - EQU (A1-M1-R3) | H + V | | 3.013 | | | | |
| 12 - EQU (A1-M1-R3) | H - V | | 2.732 | | | | |
| 13 - ECC | | 1.587 | 3.171 | 22.405 | 12.303 | | |

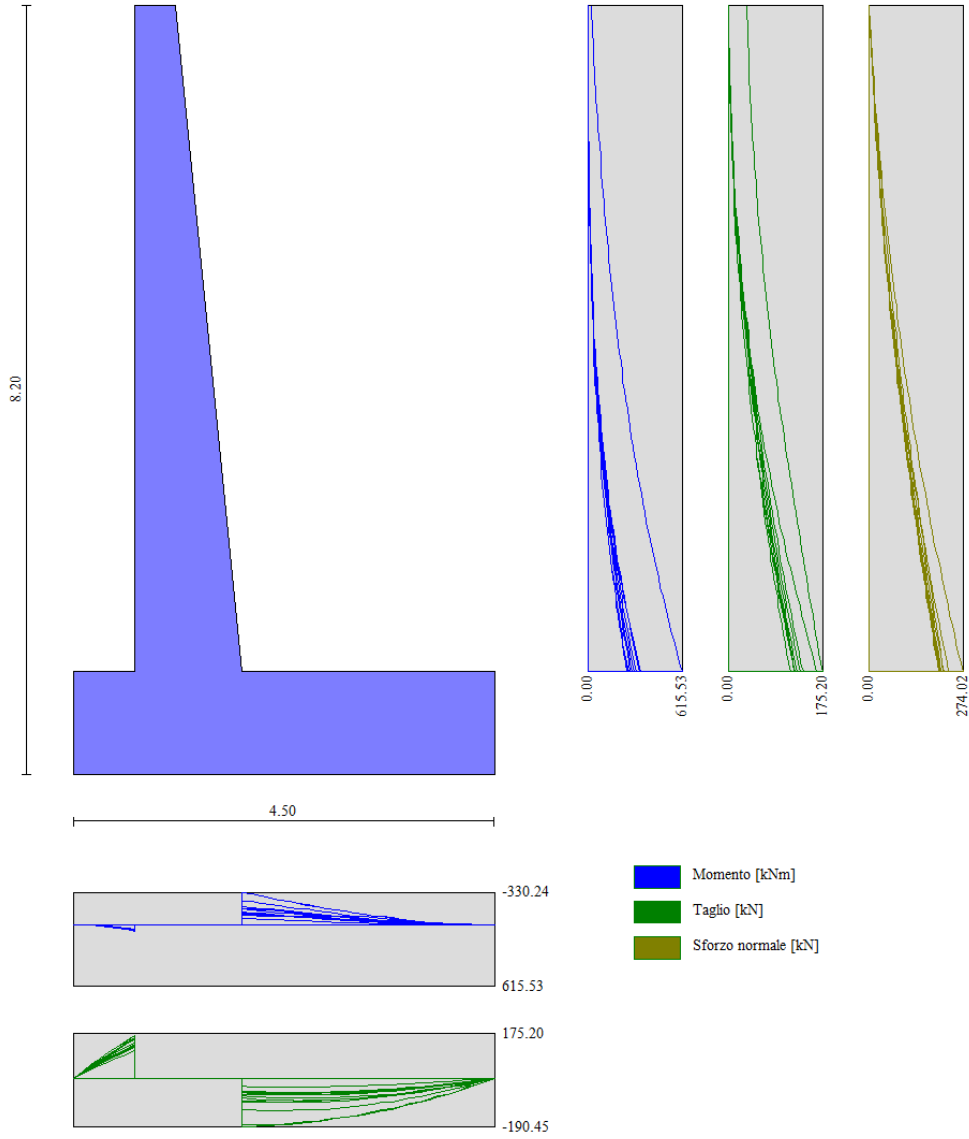


Figura n.9.3 – Inviluppo delle sollecitazioni agenti

Nella seguente figura è illustrata l'analisi di stabilità nella combinazione più critica (**combinazione 7**).

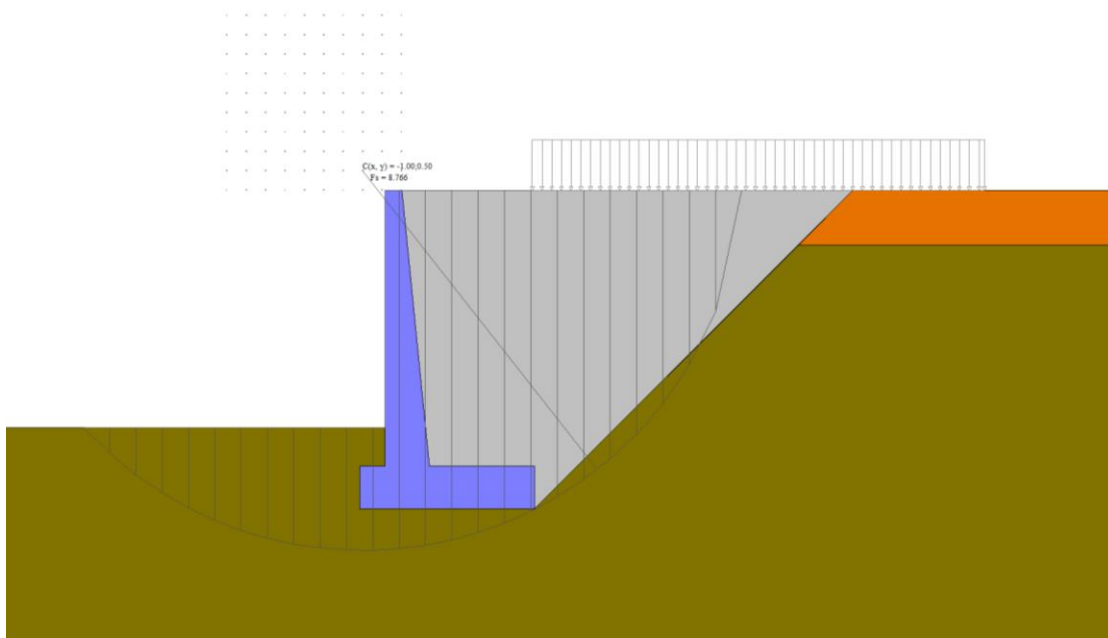


Figura n.9.4 – Superficie di rottura del terreno nella combinazione più critica

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
 T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
 M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

| n° | X | N _{min} | N _{max} | T _{min} | T _{max} | M _{min} | M _{max} |
|----|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | [m] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] |
| 72 | -7.10 | 203.93 | 274.02 | 114.87 | 175.20 | 255.09 | 615.53 |

Fondazione

| n° | X | N _{min} | N _{max} | T _{min} | T _{max} | M _{min} | M _{max} |
|----|------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | [m] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] |
| 9 | 0.71 | 0.00 | 0.00 | -190.45 | -30.97 | -330.24 | -64.54 |

Segue (figura n.10.2) immagine della geometria del modello di calcolo MAX15 considerata per la verifica:

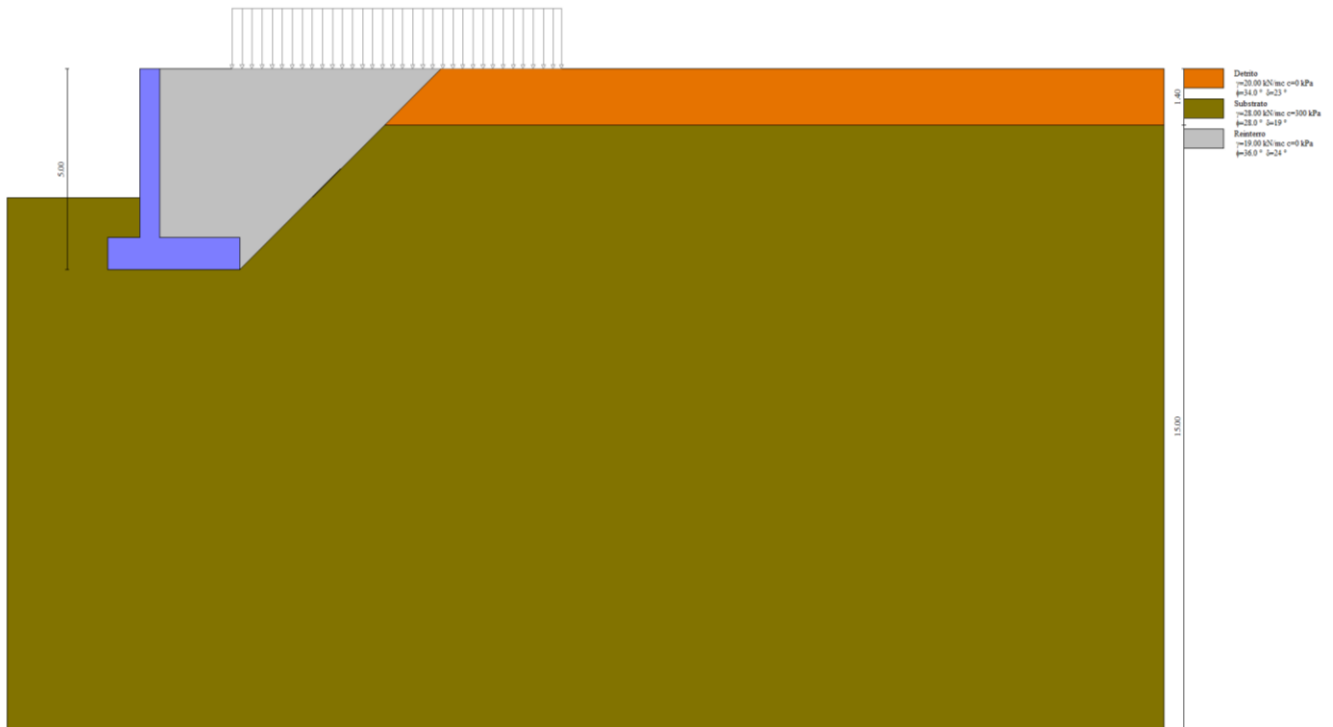


Figura n.10.2 – Sezione di verifica codice MAX15

Si riportano di seguito i principali risultati in relazione ai coefficienti di sicurezza ottenuti per tutte le combinazioni di carico ed alle azioni interne in elevazione e fondazione. Per tutti i dettagli delle analisi e delle verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo di cui **all'allegato 2**.

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

| | |
|--------------------|------------------------------------------------------------|
| Cmb | Indice/Tipo combinazione |
| S | Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale) |
| FS _{SCO} | Coeff. di sicurezza allo scorrimento |
| FS _{RIB} | Coeff. di sicurezza al ribaltamento |
| FS _{QLIM} | Coeff. di sicurezza a carico limite |
| FS _{STAB} | Coeff. di sicurezza a stabilità globale |
| FS _{HYD} | Coeff. di sicurezza a sifonamento |
| FS _{UPL} | Coeff. di sicurezza a sollevamento |

| Cmb | Sismica | FS _{SCO} | FS _{RIB} | FS _{QLIM} | FS _{STAB} | FS _{HYD} | FS _{UPL} |
|---------------------|---------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 1 - STR (A1-M1-R3) | | 1.170 | | 33.626 | | | |
| 2 - STR (A1-M1-R3) | H + V | 1.462 | | 45.574 | | | |
| 3 - STR (A1-M1-R3) | H - V | 1.442 | | 46.993 | | | |
| 4 - STR (A1-M1-R3) | | 1.470 | | 34.872 | | | |
| 5 - STR (A1-M1-R3) | | 1.350 | | 36.070 | | | |
| 6 - STR (A1-M1-R3) | | 1.290 | | 33.164 | | | |
| 7 - GEO (A2-M2-R2) | | | | | 13.221 | | |
| 8 - GEO (A2-M2-R2) | H + V | | | | 19.737 | | |
| 9 - GEO (A2-M2-R2) | H - V | | | | 20.574 | | |
| 10 - EQU (A1-M1-R3) | | | 3.627 | | | | |
| 11 - EQU (A1-M1-R3) | H + V | | 4.058 | | | | |
| 12 - EQU (A1-M1-R3) | H - V | | 3.555 | | | | |
| 13 - ECC | | 1.402 | 2.578 | 31.816 | 21.704 | | |

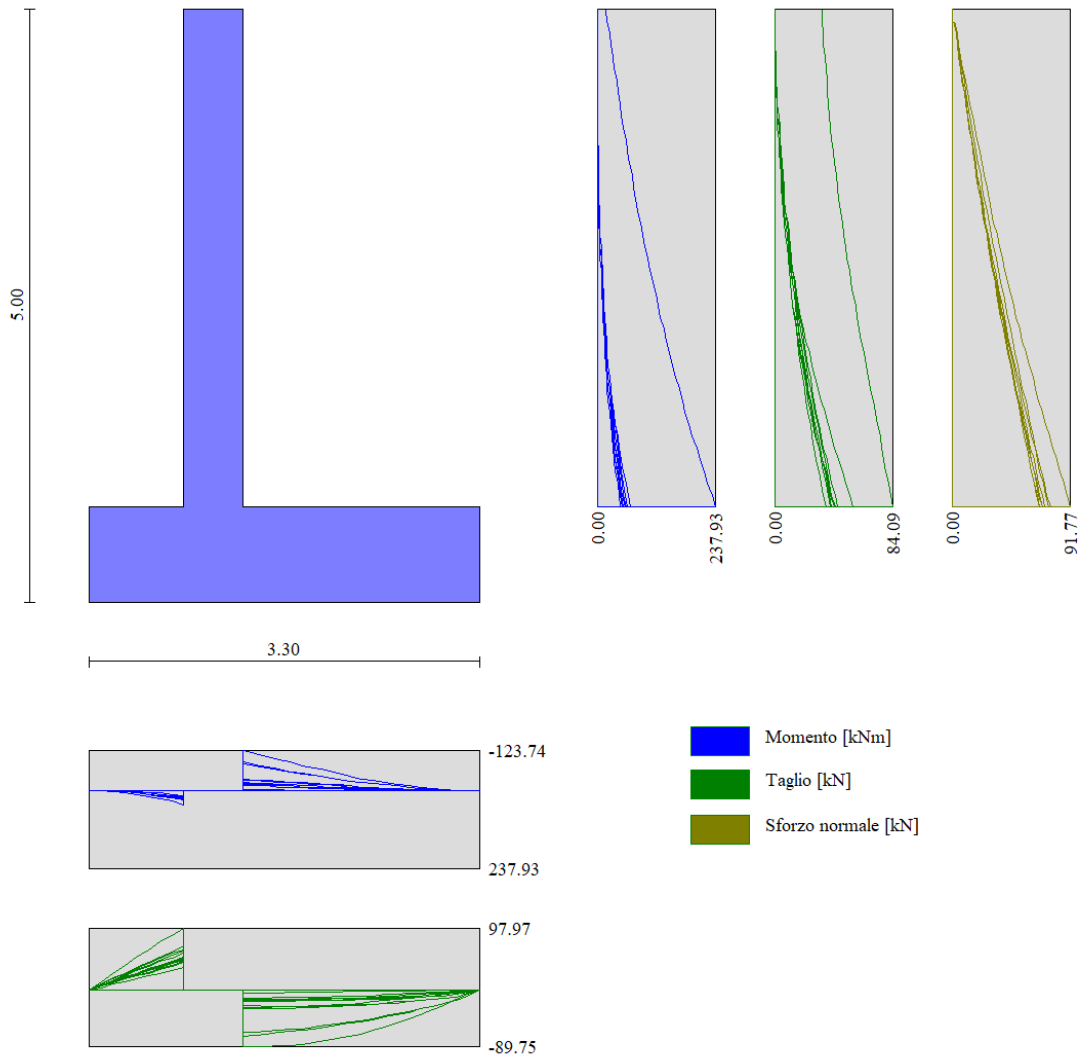


Figura n.10.3 – Involuppo delle sollecitazioni agenti

Nella seguente figura è illustrata l'analisi di stabilità nella combinazione più critica (**combinazione 7**).

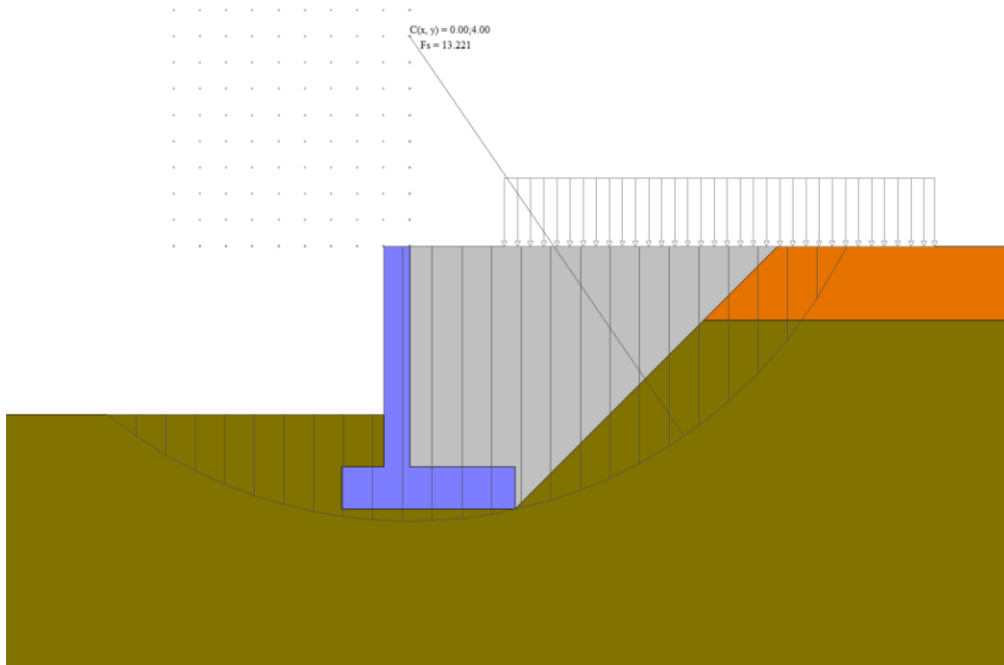


Figura n.10.4 – Superficie di rottura del terreno nella combinazione più critica

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
 T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
 M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

| n° | X | N _{min} | N _{max} | T _{min} | T _{max} | M _{min} | M _{max} |
|----|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | [m] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] |
| 43 | -4.20 | 67.50 | 91.77 | 35.96 | 84.09 | 46.35 | 237.93 |

Fondazione

| n° | X | N _{min} | N _{max} | T _{min} | T _{max} | M _{min} | M _{max} |
|----|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | [m] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] |
| 9 | -0.50 | 0.00 | 0.00 | 35.84 | 97.97 | 14.25 | 41.38 |

11. ALLEGATO 1 – SEZIONE TIPO 1 – TABULATO

DATI

Materiali

Simbologia adottata

| | |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| n° | Indice materiale |
| Descr | Descrizione del materiale |
| Calcestruzzo armato | |
| C | Classe di resistenza del cls |
| A | Classe di resistenza dell'acciaio |
| γ | Peso specifico, espresso in [kN/mc] |
| R _{ck} | Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa] |
| E | Modulo elastico, espresso in [kPa] |
| ν | Coeff. di Poisson |
| n | Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls |
| ntc | Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso |

Calcestruzzo armato

| n° | Descr | C | A | γ [kN/mc] | R _{ck} [kPa] | E [kPa] | ν | n | ntc |
|----|--------|--------|-------|---------------------|--------------------------|------------|-------|-------|------|
| 1 | C25/30 | C25/30 | B450C | 24.5170 | 30000 | 31447048 | 0.30 | 15.00 | 0.50 |

Acciai

| Descr | f _{yk} [kPa] | f _{uk} [kPa] |
|-------|--------------------------|--------------------------|
| B450C | 450000 | 540000 |

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

| | |
|----|-----------------------------------------|
| n° | numero ordine del punto |
| X | ascissa del punto espressa in [m] |
| Y | ordinata del punto espressa in [m] |
| A | inclinazione del tratto espressa in [°] |

| n° | X [m] | Y [m] | A [°] |
|----|----------|----------|----------|
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| 2 | 25.00 | 0.00 | 0.000 |

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

| | | |
|----------------------------------------|--------|-----|
| Lunghezza muro | 1.00 | [m] |
| Paramento | | |
| Materiale | C25/30 | |
| Altezza paramento | 7.10 | [m] |
| Altezza paramento libero | 6.10 | [m] |
| Spessore in sommità | 0.44 | [m] |
| Spessore all'attacco con la fondazione | 1.15 | [m] |
| Inclinazione paramento esterno | 0.00 | [°] |
| Inclinazione paramento interno | 5.71 | [°] |

Fondazione

| | | |
|----------------------------|--------|-----|
| Materiale | C25/30 | |
| Lunghezza mensola di valle | 0.65 | [m] |
| Lunghezza mensola di monte | 2.70 | [m] |
| Lunghezza totale | 4.50 | [m] |
| Inclinazione piano di posa | 0.00 | [°] |
| Spessore | 1.10 | [m] |
| Spessore magrone | 0.00 | [m] |

Descrizione terreniParametri di resistenzaSimbologia adottata

| | |
|------------|-------------------------------------------------------|
| n° | Indice del terreno |
| Descr | Descrizione terreno |
| γ | Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc] |
| γ_s | Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc] |
| ϕ | Angolo d'attrito interno espresso in [°] |
| δ | Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°] |
| c | Coesione espressa in [kPa] |

| n° | Descr | γ [kN/mc] | γ_{sat} [kN/mc] | ϕ [°] | δ [°] | c [kPa] |
|----|-----------|---------------------|---------------------------|---------------|-----------------|------------|
| 1 | Detrito | 20.0000 | 20.0000 | 34.000 | 22.667 | 0 |
| 2 | Substrato | 28.0000 | 28.0000 | 28.000 | 18.670 | 300 |
| 3 | Reinterro | 19.0000 | 19.0000 | 36.000 | 24.000 | 0 |

StratigrafiaSimbologia adottata

| | |
|----------|---------------------------------------|
| n° | Indice dello strato |
| H | Spessore dello strato espresso in [m] |
| α | Inclinazione espressa in [°] |
| Terreno | Terreno dello strato |

| n° | H [m] | α [°] | Terreno |
|----|----------|-----------------|-----------|
| 1 | 1.40 | 0.000 | Detrito |
| 2 | 15.00 | 0.000 | Substrato |

Terreno di riempimento: Reinterro
 Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale): 45.00 [°]

Condizioni di caricoSimbologia adottata

| | |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Carichi verticali positivi verso il basso. | |
| Carichi orizzontali positivi verso sinistra. | |
| Momento positivo senso antiorario. | |
| X | Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m] |
| F_x | Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN] |
| F_y | Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN] |
| M | Momento espresso in [kNm] |
| X_i | Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m] |
| X_f | Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m] |
| Q_i | Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN] |
| Q_f | Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN] |

Condizione n° 1 (traffico) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

Indice di raggruppamento 1

Carichi sul terreno

| n° | Tipo | X | Fx | Fy | M | Xi | Xf | Qi | Qf |
|----|-------------|-----|------|------|-------|------|-------|---------|---------|
| | | [m] | [kN] | [kN] | [kNm] | [m] | [m] | [kN] | [kN] |
| 1 | Distribuito | | | | | 3.36 | 15.00 | 20.0000 | 20.0000 |

Condizione n° 2 (urto) - ECCEZIONALE

Carichi sul muro

| n° | Tipo | Dest | X; Y | Fx | Fy | M | Xi | Xf | Qi | Qf |
|----|-------------|-----------|-------------|---------|--------|---------|-----|-----|------|------|
| | | | [m] | [kN] | [kN] | [kNm] | [m] | [m] | [kN] | [kN] |
| 1 | Concentrato | Paramento | -0.22; 0.00 | 33.3300 | 0.0000 | 16.6700 | | | | |

Carichi sul terreno

| n° | Tipo | X | Fx | Fy | M | Xi | Xf | Qi | Qf |
|----|-------------|-----|------|------|-------|------|------|---------|---------|
| | | [m] | [kN] | [kN] | [kNm] | [m] | [m] | [kN] | [kN] |
| 1 | Distribuito | | | | | 0.00 | 3.36 | 20.0000 | 20.0000 |

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

| Carichi | Effetto | | Combinazioni statiche | | | | | Combinazioni sismiche | | |
|----------------------------|-------------|--------------------|-----------------------|------|------|------|------|-----------------------|------|------|
| | | | HYD | UPL | EQU | A1 | A2 | EQU | A1 | A2 |
| Permanenti strutturali | Favorevoli | $\gamma_{G1,fav}$ | 1.00 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Permanenti strutturali | Sfavorevoli | $\gamma_{G1,sfav}$ | 1.00 | 1.10 | 1.30 | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Permanenti non strutturali | Favorevoli | $\gamma_{G2,fav}$ | 0.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Permanenti non strutturali | Sfavorevoli | $\gamma_{G2,sfav}$ | 1.00 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Variabili | Favorevoli | $\gamma_{Q,fav}$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Variabili | Sfavorevoli | $\gamma_{Q,sfav}$ | 1.00 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Variabili da traffico | Favorevoli | $\gamma_{QT,fav}$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Variabili da traffico | Sfavorevoli | $\gamma_{QT,sfav}$ | 1.00 | 1.50 | 1.35 | 1.35 | 1.15 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

| Parametro | | Combinazioni statiche | | Combinazioni sismiche | |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|------|-----------------------|------|
| | | M1 | M2 | M1 | M2 |
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{\tan(\varphi)}$ | 1.00 | 1.25 | 1.00 | 1.00 |
| Coesione efficace | γ_c | 1.00 | 1.25 | 1.00 | 1.00 |
| Resistenza non drenata | γ_{cu} | 1.00 | 1.40 | 1.00 | 1.00 |
| Peso nell'unita di volume | γ_γ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

| Verifica | Combinazioni statiche | | | Combinazioni sismiche | | |
|----------------------------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|------|
| | R1 | R2 | R3 | R1 | R2 | R3 |
| Capacità portante | -- | -- | 1.40 | -- | -- | 1.20 |
| Scorrimento | -- | -- | 1.10 | -- | -- | 1.00 |
| Resistenza terreno a valle | -- | -- | 1.40 | -- | -- | 1.20 |
| Ribaltamento | -- | -- | 1.15 | -- | -- | 1.00 |
| Stabilità fronte di scavo | -- | 1.10 | -- | -- | 1.20 | -- |

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione
 Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Favorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Favorevole |
| Spinta terreno | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.50 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Favorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Favorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.50 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Favorevole |
| Peso terrapieno | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.50 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Favorevole |
| Spinta terreno | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.50 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.30 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H + V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Favorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Favorevole |
| Spinta terreno | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.50 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 11 - EQU (A1-M1-R3) H + V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Favorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Favorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Favorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Favorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 13 - ECC

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| urto | 1.00 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 14 - SLER

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.00 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 15 - SLEF

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.00 | 0.75 | Sfavorevole |

Combinazione n° 16 - SLEQ

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 17 - SLEQ H + V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 18 - SLEQ_H - V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Dati sismici

| | Simbolo | U.M. | SLU | SLE |
|-----------------------------------------------------------------|---------|---------------------|-------------|-------|
| Accelerazione al suolo | a_g | [m/s ²] | 0.981 | 0.438 |
| Accelerazione al suolo | a_g/g | [%] | 0.100 | 0.045 |
| Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale | F0 | | 2.518 | 2.518 |
| Periodo inizio tratto spettro a velocità costante | Tc* | | 0.297 | 0.266 |
| Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico | Ss | | B 1.200 | 1.200 |
| Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica | St | | T2 1.200 | |

| Stato limite ... | Coeff. di riduzione β_m | kh | kv |
|-----------------------|-------------------------------|-------|-------|
| Ultimo | 0.380 | 5.474 | 2.737 |
| Ultimo - Ribaltamento | 0.570 | 8.211 | 4.106 |
| Esercizio | 0.470 | 3.022 | 1.511 |

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta
 Tipo di spinta
 Terreno a bassa permeabilità
 Superficie di spinta limitata

Culmann
 Spinta attiva
 NO
 NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza
 Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)
 Criterio di riduzione per eccentricità della portanza
 Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)
 Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ($0.5B\gamma N_c$)
 Fattori di forma e inclinazione del carico

Hansen
 Ponderata
 Meyerhof
 Nessuna
 Larghezza ridotta (B')
 Fattori di inclinazione e fattori di forma

Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale

Bishop

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante
 Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione
 Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni
 Considera terreno sulla fondazione di valle
 Considera spinta e peso acqua fondazione di valle

0.00
 0.00
 SI
 NO
 NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

Risultati Per Involuppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

| | |
|--------|--------------------------------------------------------------------------|
| Ic | Indice della combinazione |
| A | Tipo azione |
| I | Inclinazione della spinta, espressa in [°] |
| V | Valore dell'azione, espressa in [kN] |
| Cx, Cy | Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN] |
| Px, Py | Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m] |

| Ic | A | V [kN] | I [°] | Cx [kN] | Cy [kN] | Px [m] | Py [m] |
|----|-------------------------|-----------|----------|------------|-------------|-----------|-----------|
| 1 | Spinta statica | 252.84 | 24.00 | 230.98 | 102.84 | 3.41 | -5.15 |
| | Peso/Inerzia muro | | | 0.00 | 259.74/0.00 | 0.53 | -5.75 |
| | Peso/Inerzia terrapieno | | | 0.00 | 413.61/0.00 | 1.88 | -3.41 |

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

| | |
|--------------------|------------------------------------------------------------|
| Cmb | Indice/Tipo combinazione |
| S | Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale) |
| FS _{SCO} | Coeff. di sicurezza allo scorrimento |
| FS _{RIB} | Coeff. di sicurezza al ribaltamento |
| FS _{QLIM} | Coeff. di sicurezza a carico limite |
| FS _{STAB} | Coeff. di sicurezza a stabilità globale |
| FS _{HYD} | Coeff. di sicurezza a sifonamento |
| FS _{SUPL} | Coeff. di sicurezza a sollevamento |

| Cmb | Sismica | FS _{SCO} | FS _{RIB} | FS _{QLIM} | FS _{STAB} | FS _{HYD} | FS _{SUPL} |
|---------------------|---------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| 1 - STR (A1-M1-R3) | | 1.135 | | 17.541 | | | |
| 2 - STR (A1-M1-R3) | H + V | 1.313 | | 21.214 | | | |
| 3 - STR (A1-M1-R3) | H - V | 1.293 | | 21.946 | | | |
| 4 - STR (A1-M1-R3) | | 1.430 | | 18.361 | | | |
| 5 - STR (A1-M1-R3) | | 1.316 | | 18.961 | | | |
| 6 - STR (A1-M1-R3) | | 1.249 | | 17.330 | | | |
| 7 - GEO (A2-M2-R2) | | | | | 8.766 | | |
| 8 - GEO (A2-M2-R2) | H + V | | | | 11.494 | | |
| 9 - GEO (A2-M2-R2) | H - V | | | | 11.964 | | |
| 10 - EQU (A1-M1-R3) | | | 3.001 | | | | |
| 11 - EQU (A1-M1-R3) | H + V | | 3.013 | | | | |
| 12 - EQU (A1-M1-R3) | H - V | | 2.732 | | | | |
| 13 - ECC | | 1.587 | 3.171 | 22.405 | 12.303 | | |

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

| | |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|
| n° | Indice combinazione |
| Rsa | Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN] |
| Rpt | Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN] |
| Rps | Resistenza passiva sperone, espresso in [kN] |
| Rp | Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN] |
| Rt | Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN] |
| R | Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN] |
| T | Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN] |
| FS | Fattore di sicurezza (rapporto R/T) |

| n° | Rsa [kN] | Rpt [kN] | Rps [kN] | Rp [kN] | Rt [kN] | R [kN] | T [kN] | FS |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-------|
| 1 - STR (A1-M1-R3) | 262.27 | 0.00 | 0.00 | -- | -- | 262.27 | 230.98 | 1.135 |

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

| | |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------|
| n° | Indice combinazione |
| N | Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN] |
| Qu | carico limite del terreno, espresso in [kN] |
| Qd | Portanza di progetto, espresso in [kN] |
| FS | Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa) |

| n° | N | Qu | Qd | FS |
|--------------------|--------|----------|----------|--------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | |
| 6 - STR (A1-M1-R3) | 854.11 | 14801.36 | 10572.40 | 17.330 |

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

| | |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| n° | Indice combinazione |
| Nc, Nq, Ny | Fattori di capacità portante |
| ic, iq, iy | Fattori di inclinazione del carico |
| dc, dq, dy | Fattori di profondità del piano di posa |
| gc, gq, gy | Fattori di inclinazione del profilo topografico |
| bc, bq, by | Fattori di inclinazione del piano di posa |
| sc, sq, sy | Fattori di forma della fondazione |
| pc, pq, py | Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic |
| Re | Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof |
| Ir, Irc | Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic |
| ry | Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B _y /N, viene moltiplicato per questo fattore |
| D | Affondamento del piano di posa, espresso in [m] |
| B' | Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m] |
| H | Altezza del cono di rottura, espresso in [m] |
| γ | Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc] |
| φ | Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°] |
| c | Coesione del terreno medio, espresso in [kPa] |

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '-' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Hansen).

| n° | Nc Nq Ny | ic iq iy | dc dq dy | gc gq gy | bc bq by | sc sq sy | pc pq py | Ir | Irc | Re | ry |
|----|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|----|-----|-------|-------|
| 6 | 25.803 14.720 10.942 | 0.446 0.484 0.350 | 1.187 1.140 1.000 | 1.000 1.000 1.000 | 1.000 1.000 1.000 | 1.006 1.005 0.996 | -- -- -- | -- | -- | 0.683 | 0.912 |

| n° | D | B' | H | γ | φ | c |
|----|------|------|------|-------|---------|-------|
| | [m] | [m] | [m] | [°] | [kN/mc] | [kPa] |
| 6 | 2.10 | 4.50 | 3.74 | 28.00 | 28.00 | 300 |

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

| | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|
| n° | Indice combinazione |
| Ms | Momento stabilizzante, espresso in [kNm] |
| Mr | Momento ribaltante, espresso in [kNm] |
| FS | Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante) |

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

| n° | Ms | Mr | FS |
|---------------------------|---------|--------|-------|
| | [kNm] | [kNm] | |
| 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V | 1964.22 | 718.94 | 2.732 |

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

| | |
|----|---------------------------------------------------|
| Ic | Indice/Tipo combinazione |
| C | Centro superficie di scorrimento, espresso in [m] |
| R | Raggio, espresso in [m] |
| FS | Fattore di sicurezza |

| Ic | C | R | FS |
|--------------------|-------------|------|-------|
| | [m] | [m] | |
| 7 - GEO (A2-M2-R2) | -0.50; 0.00 | 8.62 | 8.682 |

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

| | |
|---|-------------------------------------------------------------------------------|
| N | Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione. |
| T | Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle |
| M | Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte) |

Paramento

| n° | X [m] | N _{min} [kN] | N _{max} [kN] | T _{min} [kN] | T _{max} [kN] | M _{min} [kNm] | M _{max} [kNm] |
|----|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 33.33 | 0.00 | 16.67 |
| 2 | -0.10 | 1.08 | 1.44 | 0.02 | 33.83 | 0.00 | 19.97 |
| 3 | -0.20 | 2.20 | 2.94 | 0.09 | 34.38 | 0.00 | 23.31 |
| 4 | -0.30 | 3.38 | 4.50 | 0.21 | 34.98 | 0.02 | 26.71 |
| 5 | -0.40 | 4.62 | 6.14 | 0.37 | 35.62 | 0.04 | 30.17 |
| 6 | -0.50 | 5.90 | 7.83 | 0.57 | 36.30 | 0.09 | 33.68 |
| 7 | -0.60 | 7.24 | 9.60 | 0.82 | 37.03 | 0.15 | 37.27 |
| 8 | -0.70 | 8.63 | 11.43 | 1.12 | 37.81 | 0.24 | 40.93 |
| 9 | -0.80 | 10.07 | 13.32 | 1.46 | 38.63 | 0.36 | 44.66 |
| 10 | -0.90 | 11.56 | 15.28 | 1.85 | 39.50 | 0.51 | 48.47 |
| 11 | -1.00 | 13.11 | 17.31 | 2.28 | 40.41 | 0.70 | 52.36 |
| 12 | -1.10 | 14.71 | 19.40 | 2.76 | 41.37 | 0.93 | 56.34 |
| 13 | -1.20 | 16.36 | 21.56 | 3.28 | 42.37 | 1.21 | 60.41 |
| 14 | -1.30 | 18.06 | 23.78 | 3.85 | 43.42 | 1.55 | 64.58 |
| 15 | -1.40 | 19.82 | 26.07 | 4.47 | 44.51 | 1.93 | 68.85 |
| 16 | -1.50 | 21.63 | 28.43 | 5.13 | 45.66 | 2.38 | 73.23 |
| 17 | -1.60 | 23.49 | 30.85 | 5.84 | 46.84 | 2.89 | 77.71 |
| 18 | -1.70 | 25.40 | 33.33 | 6.59 | 48.07 | 3.47 | 82.31 |
| 19 | -1.80 | 27.36 | 35.88 | 7.39 | 49.35 | 4.12 | 87.03 |
| 20 | -1.90 | 29.38 | 38.50 | 8.23 | 50.67 | 4.85 | 91.87 |
| 21 | -2.00 | 31.45 | 41.18 | 9.12 | 52.04 | 5.66 | 96.83 |
| 22 | -2.10 | 33.57 | 43.93 | 10.05 | 53.46 | 6.55 | 101.93 |
| 23 | -2.20 | 35.75 | 46.75 | 11.03 | 54.92 | 7.54 | 107.16 |
| 24 | -2.30 | 37.97 | 49.63 | 12.06 | 56.42 | 8.62 | 112.53 |
| 25 | -2.40 | 40.25 | 52.57 | 13.13 | 57.97 | 9.79 | 118.04 |
| 26 | -2.50 | 42.58 | 55.58 | 14.24 | 59.57 | 11.07 | 123.70 |
| 27 | -2.60 | 44.96 | 58.66 | 15.41 | 61.21 | 12.46 | 129.51 |
| 28 | -2.70 | 47.40 | 61.80 | 16.61 | 62.90 | 13.96 | 135.48 |
| 29 | -2.80 | 49.89 | 65.01 | 17.87 | 64.63 | 15.57 | 141.61 |
| 30 | -2.90 | 52.43 | 68.29 | 19.17 | 66.41 | 17.31 | 147.91 |
| 31 | -3.00 | 55.02 | 71.63 | 20.51 | 68.23 | 19.16 | 154.37 |
| 32 | -3.10 | 57.66 | 75.03 | 21.90 | 70.10 | 21.15 | 161.01 |
| 33 | -3.20 | 60.35 | 78.50 | 23.34 | 72.02 | 23.27 | 167.83 |
| 34 | -3.30 | 63.08 | 82.04 | 24.82 | 73.98 | 25.52 | 174.82 |
| 35 | -3.40 | 65.87 | 85.64 | 26.34 | 75.99 | 27.92 | 182.01 |
| 36 | -3.50 | 68.70 | 89.31 | 27.92 | 78.04 | 30.46 | 189.39 |
| 37 | -3.60 | 71.57 | 93.05 | 29.53 | 80.13 | 33.15 | 196.96 |
| 38 | -3.70 | 74.50 | 96.84 | 31.20 | 82.28 | 36.00 | 204.73 |
| 39 | -3.80 | 77.47 | 100.71 | 32.91 | 84.47 | 39.00 | 212.70 |
| 40 | -3.90 | 80.49 | 104.64 | 34.66 | 86.70 | 42.17 | 220.88 |
| 41 | -4.00 | 83.57 | 108.64 | 36.46 | 88.98 | 45.51 | 229.27 |
| 42 | -4.10 | 86.69 | 112.70 | 38.31 | 91.31 | 49.01 | 237.88 |
| 43 | -4.20 | 89.87 | 116.83 | 40.20 | 93.68 | 52.69 | 246.72 |
| 44 | -4.30 | 93.09 | 121.02 | 42.14 | 96.09 | 56.55 | 255.77 |
| 45 | -4.40 | 96.37 | 125.29 | 44.12 | 98.56 | 60.60 | 265.06 |
| 46 | -4.50 | 99.70 | 129.67 | 46.15 | 101.06 | 64.82 | 274.58 |
| 47 | -4.60 | 103.07 | 134.18 | 48.22 | 103.62 | 69.24 | 284.33 |
| 48 | -4.70 | 106.50 | 138.83 | 50.34 | 106.22 | 73.83 | 294.33 |
| 49 | -4.80 | 109.98 | 143.63 | 52.50 | 108.86 | 78.63 | 304.58 |
| 50 | -4.90 | 113.51 | 148.53 | 54.71 | 111.55 | 83.64 | 315.08 |
| 51 | -5.00 | 117.09 | 153.51 | 56.97 | 114.29 | 88.88 | 325.83 |

| n° | X [m] | Nmin [kN] | Nmax [kN] | Tmin [kN] | Tmax [kN] | Mmin [kNm] | Mmax [kNm] |
|----|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| 52 | -5.10 | 120.72 | 158.57 | 59.27 | 117.06 | 94.35 | 336.84 |
| 53 | -5.20 | 124.40 | 163.70 | 61.62 | 119.88 | 100.04 | 348.12 |
| 54 | -5.30 | 128.13 | 168.90 | 64.01 | 122.72 | 105.99 | 359.67 |
| 55 | -5.40 | 131.91 | 174.16 | 66.45 | 125.58 | 112.12 | 371.49 |
| 56 | -5.50 | 135.74 | 179.49 | 68.93 | 128.44 | 118.47 | 383.60 |
| 57 | -5.60 | 139.63 | 184.89 | 71.46 | 131.30 | 125.06 | 395.98 |
| 58 | -5.70 | 143.56 | 190.36 | 74.04 | 134.15 | 131.89 | 408.66 |
| 59 | -5.80 | 147.54 | 195.90 | 76.66 | 137.00 | 138.96 | 421.61 |
| 60 | -5.90 | 151.58 | 201.51 | 79.32 | 139.85 | 146.29 | 434.84 |
| 61 | -6.00 | 155.66 | 207.18 | 82.04 | 142.70 | 153.86 | 448.36 |
| 62 | -6.10 | 159.80 | 212.92 | 84.79 | 145.55 | 161.69 | 462.16 |
| 63 | -6.20 | 163.98 | 218.73 | 87.60 | 148.39 | 169.78 | 476.24 |
| 64 | -6.30 | 168.22 | 224.60 | 90.44 | 151.24 | 178.14 | 490.60 |
| 65 | -6.40 | 172.51 | 230.55 | 93.34 | 154.10 | 186.77 | 505.24 |
| 66 | -6.50 | 176.84 | 236.56 | 96.28 | 156.98 | 195.68 | 520.15 |
| 67 | -6.60 | 181.23 | 242.63 | 99.26 | 159.90 | 204.86 | 535.34 |
| 68 | -6.70 | 185.67 | 248.78 | 102.29 | 162.86 | 214.32 | 550.81 |
| 69 | -6.80 | 190.16 | 254.99 | 105.37 | 165.88 | 224.07 | 566.56 |
| 70 | -6.90 | 194.70 | 261.27 | 108.49 | 168.94 | 234.11 | 582.59 |
| 71 | -7.00 | 199.29 | 267.61 | 111.66 | 172.05 | 244.45 | 598.91 |
| 72 | -7.10 | 203.93 | 274.02 | 114.87 | 175.20 | 255.09 | 615.53 |

Fondazione

| n° | X [m] | Nmin [kN] | Nmax [kN] | Tmin [kN] | Tmax [kN] | Mmin [kNm] | Mmax [kNm] |
|----|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| 1 | -1.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | -1.00 | 0.00 | 0.00 | 15.45 | 24.98 | 0.72 | 1.16 |
| 3 | -0.90 | 0.00 | 0.00 | 30.79 | 49.61 | 2.87 | 4.63 |
| 4 | -0.81 | 0.00 | 0.00 | 46.00 | 73.91 | 6.43 | 10.37 |
| 5 | -0.72 | 0.00 | 0.00 | 61.10 | 97.87 | 11.41 | 18.34 |
| 6 | -0.63 | 0.00 | 0.00 | 76.07 | 121.49 | 17.78 | 28.53 |
| 7 | -0.53 | 0.00 | 0.00 | 90.93 | 144.77 | 25.53 | 40.89 |
| 8 | -0.44 | 0.00 | 0.00 | 105.67 | 167.71 | 34.66 | 55.41 |
| 9 | 0.71 | 0.00 | 0.00 | -190.45 | -30.97 | -330.24 | -64.54 |
| 10 | 0.81 | 0.00 | 0.00 | -189.24 | -31.63 | -311.33 | -61.41 |
| 11 | 0.91 | 0.00 | 0.00 | -187.60 | -32.14 | -292.56 | -58.22 |
| 12 | 1.01 | 0.00 | 0.00 | -185.50 | -32.52 | -274.26 | -54.98 |
| 13 | 1.11 | 0.00 | 0.00 | -182.97 | -32.76 | -256.45 | -51.72 |
| 14 | 1.21 | 0.00 | 0.00 | -179.98 | -32.86 | -238.82 | -48.44 |
| 15 | 1.31 | 0.00 | 0.00 | -176.55 | -32.82 | -221.42 | -45.15 |
| 16 | 1.41 | 0.00 | 0.00 | -172.67 | -32.64 | -204.31 | -41.88 |
| 17 | 1.51 | 0.00 | 0.00 | -168.35 | -32.32 | -187.53 | -38.63 |
| 18 | 1.61 | 0.00 | 0.00 | -163.58 | -31.87 | -171.14 | -35.42 |
| 19 | 1.71 | 0.00 | 0.00 | -158.37 | -31.28 | -155.18 | -32.26 |
| 20 | 1.81 | 0.00 | 0.00 | -152.86 | -30.55 | -139.71 | -29.17 |
| 21 | 1.91 | 0.00 | 0.00 | -147.23 | -29.68 | -124.77 | -26.15 |
| 22 | 2.01 | 0.00 | 0.00 | -141.09 | -28.67 | -110.43 | -23.23 |
| 23 | 2.11 | 0.00 | 0.00 | -134.43 | -27.52 | -96.72 | -20.42 |
| 24 | 2.21 | 0.00 | 0.00 | -127.27 | -26.23 | -83.71 | -17.74 |
| 25 | 2.31 | 0.00 | 0.00 | -119.59 | -24.81 | -71.44 | -15.18 |
| 26 | 2.41 | 0.00 | 0.00 | -111.41 | -23.25 | -59.96 | -12.78 |
| 27 | 2.51 | 0.00 | 0.00 | -102.71 | -21.55 | -49.32 | -10.54 |
| 28 | 2.61 | 0.00 | 0.00 | -93.51 | -19.71 | -39.58 | -8.47 |
| 29 | 2.71 | 0.00 | 0.00 | -83.79 | -17.73 | -30.79 | -6.60 |
| 30 | 2.81 | 0.00 | 0.00 | -73.57 | -15.61 | -22.99 | -4.93 |
| 31 | 2.91 | 0.00 | 0.00 | -62.83 | -13.36 | -16.24 | -3.48 |
| 32 | 3.01 | 0.00 | 0.00 | -51.58 | -10.96 | -10.59 | -2.27 |
| 33 | 3.11 | 0.00 | 0.00 | -39.83 | -8.43 | -6.09 | -1.30 |
| 34 | 3.21 | 0.00 | 0.00 | -27.56 | -5.76 | -2.79 | -0.59 |
| 35 | 3.31 | 0.00 | 0.00 | -14.78 | -2.95 | -0.74 | -0.15 |
| 36 | 3.41 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Incidenza armatura

L'incidenza dell'armatura viene calcolata su una striscia di 1 m.

| | V _{cls} [m ²] | Q _{armatura} [kg] | Tasso [kg/m ²] |
|-----------|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Muro MS01 | 10.03 | 576.486 | 60.00 |

12. ALLEGATO 2 – SEZIONE TIPO 2 – TABULATO

DATI

Materiali

Simbologia adottata

| | |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| n° | Indice materiale |
| Descr | Descrizione del materiale |
| Calcestruzzo armato | |
| C | Classe di resistenza del cls |
| A | Classe di resistenza dell'acciaio |
| γ | Peso specifico, espresso in [kN/mc] |
| R _{ck} | Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa] |
| E | Modulo elastico, espresso in [kPa] |
| ν | Coeff. di Poisson |
| n | Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls |
| ntc | Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso |

Calcestruzzo armato

| n° | Descr | C | A | γ | R _{ck} | E | ν | n | ntc |
|----|--------|--------|-------|----------|-----------------|----------|-------|-------|------|
| | | | | [kN/mc] | [kPa] | [kPa] | | | |
| 1 | C25/30 | C25/30 | B450C | 24.5170 | 30000 | 31447048 | 0.30 | 15.00 | 0.50 |

Acciai

| Descr | f _{yk} | f _{uk} |
|-------|-----------------|-----------------|
| | [kPa] | [kPa] |
| B450C | 450000 | 540000 |

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

| | |
|----|-----------------------------------------|
| n° | numero ordine del punto |
| X | ascissa del punto espressa in [m] |
| Y | ordinata del punto espressa in [m] |
| A | inclinazione del tratto espressa in [°] |

| n° | X | Y | A |
|----|-------|------|-------|
| | [m] | [m] | [°] |
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| 2 | 25.00 | 0.00 | 0.000 |

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

| | | |
|----------------------------------------|--------|-----|
| Lunghezza muro | 1.00 | [m] |
| Paramento | | |
| Materiale | C25/30 | |
| Altezza paramento | 4.20 | [m] |
| Altezza paramento libero | 3.20 | [m] |
| Spessore in sommità | 0.50 | [m] |
| Spessore all'attacco con la fondazione | 0.50 | [m] |
| Inclinazione paramento esterno | 0.00 | [°] |
| Inclinazione paramento interno | 0.00 | [°] |

Fondazione

| | | |
|----------------------------|--------|-----|
| Materiale | C25/30 | |
| Lunghezza mensola di valle | 0.80 | [m] |
| Lunghezza mensola di monte | 2.00 | [m] |
| Lunghezza totale | 3.30 | [m] |
| Inclinazione piano di posa | 0.00 | [°] |
| Spessore | 0.80 | [m] |
| Spessore magrone | 0.00 | [m] |

Descrizione terreniParametri di resistenzaSimbologia adottata

| | |
|------------|-------------------------------------------------------|
| n° | Indice del terreno |
| Descr | Descrizione terreno |
| γ | Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc] |
| γ_s | Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc] |
| ϕ | Angolo d'attrito interno espresso in [°] |
| δ | Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°] |
| c | Coesione espressa in [kPa] |

| n° | Descr | γ [kN/mc] | γ_{sat} [kN/mc] | ϕ [°] | δ [°] | c [kPa] |
|----|-----------|---------------------|---------------------------|---------------|-----------------|------------|
| 1 | Detrito | 20.0000 | 20.0000 | 34.000 | 22.667 | 0 |
| 2 | Substrato | 28.0000 | 28.0000 | 28.000 | 18.670 | 300 |
| 3 | Reinterro | 19.0000 | 19.0000 | 36.000 | 24.000 | 0 |

StratigrafiaSimbologia adottata

| | |
|----------|---------------------------------------|
| n° | Indice dello strato |
| H | Spessore dello strato espresso in [m] |
| α | Inclinazione espressa in [°] |
| Terreno | Terreno dello strato |

| n° | H [m] | α [°] | Terreno |
|----|----------|-----------------|-----------|
| 1 | 1.40 | 0.000 | Detrito |
| 2 | 15.00 | 0.000 | Substrato |

Terreno di riempimento: Reinterro
 Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale): 45.00 [°]

Condizioni di caricoSimbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.
 Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
 Momento positivo senso antiorario.

| | |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| X | Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m] |
| F_x | Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN] |
| F_y | Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN] |
| M | Momento espresso in [kNm] |
| X_i | Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m] |
| X_f | Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m] |
| Q | Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN] |
| Q_f | Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN] |

Condizione n° 1 (traffico) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

Indice di raggruppamento 1

Carichi sul terreno

| n° | Tipo | X | Fx | Fy | M | Xi | Xf | Qi | Qf |
|----|-------------|-----|------|------|-------|------|-------|---------|---------|
| | | [m] | [kN] | [kN] | [kNm] | [m] | [m] | [kN] | [kN] |
| 1 | Distribuito | | | | | 1.80 | 10.00 | 20.0000 | 20.0000 |

Condizione n° 2 (urto) - ECCEZIONALE

Carichi sul muro

| n° | Tipo | Dest | X; Y | Fx | Fy | M | Xi | Xf | Qi | Qf |
|----|-------------|-----------|-------------|---------|--------|---------|-----|-----|------|------|
| | | | [m] | [kN] | [kN] | [kNm] | [m] | [m] | [kN] | [kN] |
| 1 | Concentrato | Paramento | -0.22; 0.00 | 33.3300 | 0.0000 | 16.6700 | | | | |

Carichi sul terreno

| n° | Tipo | X | Fx | Fy | M | Xi | Xf | Qi | Qf |
|----|-------------|-----|------|------|-------|------|------|---------|---------|
| | | [m] | [kN] | [kN] | [kNm] | [m] | [m] | [kN] | [kN] |
| 1 | Distribuito | | | | | 0.00 | 1.80 | 20.0000 | 20.0000 |

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

| Carichi | Effetto | | Combinazioni statiche | | | | | Combinazioni sismiche | | |
|----------------------------|-------------|---------------------|-----------------------|------|------|------|------|-----------------------|------|------|
| | | | HYD | UPL | EQU | A1 | A2 | EQU | A1 | A2 |
| Permanenti strutturali | Favorevoli | $\gamma_{G1, fav}$ | 1.00 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Permanenti strutturali | Sfavorevoli | $\gamma_{G1, sfav}$ | 1.00 | 1.10 | 1.30 | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Permanenti non strutturali | Favorevoli | $\gamma_{G2, fav}$ | 0.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Permanenti non strutturali | Sfavorevoli | $\gamma_{G2, sfav}$ | 1.00 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Variabili | Favorevoli | $\gamma_{Q, fav}$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Variabili | Sfavorevoli | $\gamma_{Q, sfav}$ | 1.00 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Variabili da traffico | Favorevoli | $\gamma_{QT, fav}$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Variabili da traffico | Sfavorevoli | $\gamma_{QT, sfav}$ | 1.00 | 1.50 | 1.35 | 1.35 | 1.15 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

| Parametro | | Combinazioni statiche | | Combinazioni sismiche | |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|------|-----------------------|------|
| | | M1 | M2 | M1 | M2 |
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{\tan(\varphi)}$ | 1.00 | 1.25 | 1.00 | 1.00 |
| Coesione efficace | γ_c | 1.00 | 1.25 | 1.00 | 1.00 |
| Resistenza non drenata | γ_{cu} | 1.00 | 1.40 | 1.00 | 1.00 |
| Peso nell'unità di volume | γ_r | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

| Verifica | Combinazioni statiche | | | Combinazioni sismiche | | |
|----------------------------|-----------------------|------|------|-----------------------|------|------|
| | R1 | R2 | R3 | R1 | R2 | R3 |
| Capacità portante | -- | -- | 1.40 | -- | -- | 1.20 |
| Scorrimento | -- | -- | 1.10 | -- | -- | 1.00 |
| Resistenza terreno a valle | -- | -- | 1.40 | -- | -- | 1.20 |
| Ribaltamento | -- | -- | 1.15 | -- | -- | 1.00 |
| Stabilità fronte di scavo | -- | 1.10 | -- | -- | 1.20 | -- |

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione
 Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Favorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Favorevole |
| Spinta terreno | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.50 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Favorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Favorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.50 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Favorevole |
| Peso terrapieno | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.50 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Favorevole |
| Spinta terreno | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.50 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.30 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H + V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Favorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Favorevole |
| Spinta terreno | 1.30 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.50 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 11 - EQU (A1-M1-R3) H + V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Favorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Favorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Favorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Favorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 13 - ECC

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| urto | 1.00 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 14 - SLER

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.00 | 1.00 | Sfavorevole |

Combinazione n° 15 - SLEF

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| traffico | 1.00 | 0.75 | Sfavorevole |

Combinazione n° 16 - SLEQ

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 17 - SLEQ H + V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Combinazione n° 18 - SLEQ_H - V

| Condizione | γ | Ψ | Effetto |
|-----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Peso terrapieno | 1.00 | -- | Sfavorevole |
| Spinta terreno | 1.00 | -- | Sfavorevole |

Dati sismici

| | Simbolo | U.M. | SLU | SLE |
|-----------------------------------------------------------------|---------|---------------------|-------------|-------|
| Accelerazione al suolo | a_g | [m/s ²] | 0.981 | 0.438 |
| Accelerazione al suolo | a_g/g | [%] | 0.100 | 0.045 |
| Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale | F0 | | 2.518 | 2.518 |
| Periodo inizio tratto spettro a velocità costante | Tc* | | 0.297 | 0.266 |
| Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico | Ss | | B 1.200 | 1.200 |
| Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica | St | | T2 1.200 | |

| Stato limite ... | Coeff. di riduzione β_m | kh | kv |
|-----------------------|-------------------------------|-------|-------|
| Ultimo | 0.380 | 5.474 | 2.737 |
| Ultimo - Ribaltamento | 0.570 | 8.211 | 4.106 |
| Esercizio | 0.470 | 3.022 | 1.511 |

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta
 Tipo di spinta
 Terreno a bassa permeabilità
 Superficie di spinta limitata

Culmann
 Spinta attiva
 NO
 NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza
 Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)
 Criterio di riduzione per eccentricità della portanza
 Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)
 Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ($0.5B\gamma N_c$)
 Fattori di forma e inclinazione del carico

Hansen
 Ponderata
 Meyerhof
 Nessuna
 Larghezza ridotta (B')
 Fattori di inclinazione e fattori di forma

Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale

Bishop

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante
 Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione
 Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni
 Considera terreno sulla fondazione di valle
 Considera spinta e peso acqua fondazione di valle

0.00
 0.00
 SI
 NO
 NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

Risultati Per Involuppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

| | |
|--------|--------------------------------------------------------------------------|
| Ic | Indice della combinazione |
| A | Tipo azione |
| I | Inclinazione della spinta, espressa in [°] |
| V | Valore dell'azione, espressa in [kN] |
| Cx, Cy | Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN] |
| Px, Py | Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m] |

| Ic | A | V [kN] | I [°] | Cx [kN] | Cy [kN] | Px [m] | Py [m] |
|----|------------------------------------------------|-----------|----------|------------|-------------|-----------|-----------|
| 1 | Spinta statica | 107.76 | 24.00 | 98.44 | 43.83 | 2.00 | -3.06 |
| | Peso/Inerzia muro | | | 0.00 | 116.21/0.00 | 0.08 | -3.49 |
| | Peso/Inerzia terrapieno | | | 0.00 | 165.60/0.00 | 1.00 | -2.10 |
| | Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle | | | 0.00 | 15.20 | -0.90 | -3.70 |

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

| | |
|--------------------|------------------------------------------------------------|
| Cmb | Indice/Tipo combinazione |
| S | Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale) |
| FS _{SCO} | Coeff. di sicurezza allo scorrimento |
| FS _{RIB} | Coeff. di sicurezza al ribaltamento |
| FS _{QLM} | Coeff. di sicurezza a carico limite |
| FS _{STAB} | Coeff. di sicurezza a stabilità globale |
| FS _{HYD} | Coeff. di sicurezza a sifonamento |
| FS _{UPL} | Coeff. di sicurezza a sollevamento |

| Cmb | Sismica | FS _{SCO} | FS _{RIB} | FS _{QLM} | FS _{STAB} | FS _{HYD} | FS _{UPL} |
|---------------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 1 - STR (A1-M1-R3) | | 1.170 | | 33.626 | | | |
| 2 - STR (A1-M1-R3) | H + V | 1.462 | | 45.574 | | | |
| 3 - STR (A1-M1-R3) | H - V | 1.442 | | 46.993 | | | |
| 4 - STR (A1-M1-R3) | | 1.470 | | 34.872 | | | |
| 5 - STR (A1-M1-R3) | | 1.350 | | 36.070 | | | |
| 6 - STR (A1-M1-R3) | | 1.290 | | 33.164 | | | |
| 7 - GEO (A2-M2-R2) | | | | | 13.221 | | |
| 8 - GEO (A2-M2-R2) | H + V | | | | 19.737 | | |
| 9 - GEO (A2-M2-R2) | H - V | | | | 20.574 | | |
| 10 - EQU (A1-M1-R3) | | | 3.627 | | | | |
| 11 - EQU (A1-M1-R3) | H + V | | 4.058 | | | | |
| 12 - EQU (A1-M1-R3) | H - V | | 3.555 | | | | |
| 13 - ECC | | 1.402 | 2.578 | 31.816 | 21.704 | | |

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

| | |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|
| n° | Indice combinazione |
| Rsa | Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN] |
| Rpt | Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN] |
| Rps | Resistenza passiva sperone, espresso in [kN] |
| Rp | Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN] |
| Rt | Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN] |
| R | Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN] |
| T | Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN] |
| FS | Fattore di sicurezza (rapporto R/T) |

| n° | Rsa [kN] | Rpt [kN] | Rps [kN] | Rp [kN] | Rt [kN] | R [kN] | T [kN] | FS |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-------|
| 1 - STR (A1-M1-R3) | 115.17 | 0.00 | 0.00 | -- | -- | 115.17 | 98.44 | 1.170 |

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

| | |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------|
| n° | Indice combinazione |
| N | Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN] |
| Qu | carico limite del terreno, espresso in [kN] |
| Qd | Portanza di progetto, espresso in [kN] |
| FS | Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa) |

| n° | N | Qu | Qd | FS |
|----------|--------|----------|---------|--------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | |
| 13 - ECC | 349.70 | 11126.14 | 7947.24 | 31.816 |

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

| | |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| n° | Indice combinazione |
| Nc, Nq, Ny | Fattori di capacità portante |
| ic, iq, iy | Fattori di inclinazione del carico |
| dc, dq, dy | Fattori di profondità del piano di posa |
| gc, gq, gy | Fattori di inclinazione del profilo topografico |
| bc, bq, by | Fattori di inclinazione del piano di posa |
| sc, sq, sy | Fattori di forma della fondazione |
| pc, pq, py | Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic |
| Re | Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof |
| Ir, Irc | Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic |
| ry | Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N$, viene moltiplicato per questo fattore |
| D | Affondamento del piano di posa, espresso in [m] |
| B' | Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m] |
| H | Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m] |
| γ | Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc] |
| ϕ | Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°] |
| c | Coesione del terreno medio, espresso in [kPa] |

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '-' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Hansen).

| n° | Nc Nq Ny | ic iq iy | dc dq dy | gc gq gy | bc bq by | sc sq sy | pc pq py | Ir | Irc | Re | ry |
|----|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|----|-----|-------|-------|
| 13 | 25.803 14.720 10.942 | 0.492 0.526 0.397 | 1.218 1.163 1.000 | 1.000 1.000 1.000 | 1.000 1.000 1.000 | 1.006 1.005 0.996 | -- -- -- | -- | -- | 0.635 | 0.946 |

| n° | D | B' | H | γ | ϕ | c |
|----|------|------|------|----------|---------|-------|
| | [m] | [m] | [m] | [°] | [kN/mc] | [kPa] |
| 13 | 1.80 | 3.30 | 2.75 | 28.00 | 28.00 | 300 |

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

| | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|
| n° | Indice combinazione |
| Ms | Momento stabilizzante, espresso in [kNm] |
| Mr | Momento ribaltante, espresso in [kNm] |
| FS | Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante) |

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

| n° | Ms | Mr | FS |
|----------|--------|--------|-------|
| | [kNm] | [kNm] | |
| 13 - ECC | 691.70 | 268.27 | 2.578 |

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

| | |
|----|---------------------------------------------------|
| Ic | Indice/Tipo combinazione |
| C | Centro superficie di scorrimento, espresso in [m] |
| R | Raggio, espresso in [m] |
| FS | Fattore di sicurezza |

| Ic | C | R | FS |
|--------------------|------------|------|--------|
| | [m] | [m] | |
| 7 - GEO (A2-M2-R2) | 0.00; 4.00 | 9.23 | 13.221 |

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

| | |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| W | peso della striscia espresso in [kN] |
| Qy | carico sulla striscia espresso in [kN] |
| α | angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario) |
| ϕ | angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia |
| c | coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa] |
| b | larghezza della striscia espressa in [m] |
| u | pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa] |
| Tx; Ty | Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa] |

| n° | W | Qy | b | α | ϕ | c | u | Tx; Ty |
|----|-------|-------|------|--------------|---------|--------|-------|--------|
| | [kN] | [kN] | [m] | [°] | [°] | [kPa] | [kPa] | [kN] |
| 1 | 5.59 | 14.68 | 0.00 | 8.33 - 0.56 | 60.307 | 28.352 | 0 | |
| 2 | 16.02 | 14.68 | 0.00 | 0.56 | 54.266 | 28.352 | 0 | |
| 3 | 26.75 | 14.68 | 0.00 | 0.56 | 48.611 | 23.043 | 240 | |
| 4 | 35.76 | 14.68 | 0.00 | 0.56 | 43.540 | 23.043 | 240 | |
| 5 | 43.24 | 14.68 | 0.00 | 0.56 | 38.869 | 23.043 | 240 | |
| 6 | 47.92 | 14.68 | 0.00 | 0.56 | 34.490 | 23.043 | 240 | |
| 7 | 50.73 | 14.68 | 0.00 | 0.56 | 30.332 | 23.043 | 240 | |
| 8 | 52.69 | 14.68 | 0.00 | 0.56 | 26.344 | 23.043 | 240 | |
| 9 | 53.88 | 14.68 | 0.00 | 0.56 | 22.490 | 23.043 | 240 | |
| 10 | 54.37 | 14.68 | 0.00 | 0.56 | 18.741 | 23.043 | 240 | |
| 11 | 54.22 | 14.68 | 0.00 | 0.56 | 15.074 | 23.043 | 240 | |
| 12 | 71.92 | 8.24 | 0.00 | 0.56 | 11.470 | 23.043 | 240 | |
| 13 | 57.62 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 7.911 | 23.043 | 240 | |
| 14 | 58.27 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 4.382 | 23.043 | 240 | |
| 15 | 56.05 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 0.871 | 23.043 | 240 | |
| 16 | 54.16 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | -2.638 | 23.043 | 240 | |
| 17 | 23.65 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | -6.156 | 23.043 | 240 | |
| 18 | 20.44 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | -9.698 | 23.043 | 240 | |
| 19 | 19.08 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | -13.278 | 23.043 | 240 | |
| 20 | 17.45 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | -16.912 | 23.043 | 240 | |
| 21 | 15.38 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | -20.618 | 23.043 | 240 | |
| 22 | 12.87 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | -24.416 | 23.043 | 240 | |
| 23 | 9.86 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | -28.333 | 23.043 | 240 | |
| 24 | 6.30 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | -32.402 | 23.043 | 240 | |
| 25 | 2.13 | 0.00 | 0.00 | -5.79 - 0.56 | -35.865 | 23.043 | 240 | |

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
 T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
 M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

| n° | X [m] | Nmin [kN] | Nmax [kN] | Tmin [kN] | Tmax [kN] | Mmin [kNm] | Mmax [kNm] |
|----|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 33.33 | 0.00 | 16.67 |
| 2 | -0.10 | 1.20 | 1.61 | 0.02 | 33.78 | 0.00 | 19.98 |
| 3 | -0.20 | 2.43 | 3.23 | 0.08 | 34.27 | 0.00 | 23.32 |
| 4 | -0.30 | 3.67 | 4.89 | 0.19 | 34.80 | 0.00 | 26.72 |
| 5 | -0.40 | 4.93 | 6.56 | 0.33 | 35.37 | 0.01 | 30.16 |
| 6 | -0.50 | 6.21 | 8.26 | 0.51 | 35.99 | 0.03 | 33.66 |
| 7 | -0.60 | 7.52 | 9.99 | 0.74 | 36.64 | 0.07 | 37.22 |
| 8 | -0.70 | 8.84 | 11.73 | 1.00 | 37.34 | 0.12 | 40.84 |
| 9 | -0.80 | 10.18 | 13.51 | 1.31 | 38.07 | 0.20 | 44.53 |
| 10 | -0.90 | 11.55 | 15.30 | 1.65 | 38.85 | 0.31 | 48.29 |
| 11 | -1.00 | 12.93 | 17.12 | 2.04 | 39.66 | 0.45 | 52.12 |
| 12 | -1.10 | 14.33 | 18.96 | 2.47 | 40.52 | 0.63 | 56.04 |
| 13 | -1.20 | 15.75 | 20.82 | 2.94 | 41.42 | 0.85 | 60.03 |
| 14 | -1.30 | 17.20 | 22.71 | 3.45 | 42.36 | 1.11 | 64.12 |
| 15 | -1.40 | 18.66 | 24.62 | 4.00 | 43.34 | 1.42 | 68.29 |
| 16 | -1.50 | 20.15 | 26.56 | 4.59 | 44.36 | 1.79 | 72.56 |
| 17 | -1.60 | 21.65 | 28.52 | 5.22 | 45.42 | 2.21 | 76.93 |
| 18 | -1.70 | 23.17 | 30.50 | 5.89 | 46.52 | 2.69 | 81.41 |
| 19 | -1.80 | 24.72 | 32.51 | 6.61 | 47.66 | 3.23 | 85.99 |
| 20 | -1.90 | 26.28 | 34.54 | 7.36 | 48.85 | 3.84 | 90.68 |
| 21 | -2.00 | 27.86 | 36.59 | 8.16 | 50.07 | 4.53 | 95.49 |
| 22 | -2.10 | 29.47 | 38.67 | 8.99 | 51.33 | 5.30 | 100.42 |
| 23 | -2.20 | 31.09 | 40.77 | 9.87 | 52.64 | 6.14 | 105.47 |
| 24 | -2.30 | 32.74 | 42.91 | 10.79 | 53.99 | 7.07 | 110.65 |
| 25 | -2.40 | 34.40 | 45.10 | 11.74 | 55.37 | 8.09 | 115.97 |
| 26 | -2.50 | 36.09 | 47.35 | 12.74 | 56.80 | 9.20 | 121.42 |
| 27 | -2.60 | 37.79 | 49.67 | 13.78 | 58.27 | 10.41 | 127.01 |
| 28 | -2.70 | 39.51 | 52.06 | 14.86 | 59.78 | 11.72 | 132.74 |
| 29 | -2.80 | 41.26 | 54.51 | 15.98 | 61.33 | 13.14 | 138.62 |
| 30 | -2.90 | 43.02 | 56.99 | 17.15 | 62.92 | 14.67 | 144.66 |
| 31 | -3.00 | 44.81 | 59.51 | 18.35 | 64.54 | 16.31 | 150.85 |
| 32 | -3.10 | 46.61 | 62.05 | 19.59 | 66.19 | 18.07 | 157.20 |
| 33 | -3.20 | 48.44 | 64.62 | 20.88 | 67.84 | 19.95 | 163.72 |
| 34 | -3.30 | 50.28 | 67.21 | 22.20 | 69.50 | 21.95 | 170.40 |
| 35 | -3.40 | 52.14 | 69.84 | 23.57 | 71.15 | 24.09 | 177.25 |
| 36 | -3.50 | 54.01 | 72.49 | 24.97 | 72.79 | 26.36 | 184.27 |
| 37 | -3.60 | 55.89 | 75.16 | 26.42 | 74.42 | 28.77 | 191.44 |
| 38 | -3.70 | 57.78 | 77.87 | 27.91 | 76.05 | 31.32 | 198.79 |
| 39 | -3.80 | 59.69 | 80.60 | 29.44 | 77.67 | 34.02 | 206.29 |
| 40 | -3.90 | 61.61 | 83.35 | 31.01 | 79.28 | 36.86 | 213.96 |
| 41 | -4.00 | 63.56 | 86.13 | 32.62 | 80.89 | 39.87 | 221.79 |
| 42 | -4.10 | 65.52 | 88.94 | 34.27 | 82.49 | 43.03 | 229.78 |
| 43 | -4.20 | 67.50 | 91.77 | 35.96 | 84.09 | 46.35 | 237.93 |

Fondazione

| n° | X [m] | Nmin [kN] | Nmax [kN] | Tmin [kN] | Tmax [kN] | Mmin [kNm] | Mmax [kNm] |
|----|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| 1 | -1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | -1.20 | 0.00 | 0.00 | 4.41 | 14.04 | 0.22 | 0.71 |
| 3 | -1.10 | 0.00 | 0.00 | 8.83 | 27.57 | 0.88 | 2.79 |
| 4 | -1.00 | 0.00 | 0.00 | 13.28 | 40.58 | 1.99 | 6.20 |
| 5 | -0.90 | 0.00 | 0.00 | 17.75 | 53.09 | 3.54 | 10.89 |
| 6 | -0.80 | 0.00 | 0.00 | 22.24 | 65.08 | 5.54 | 16.80 |
| 7 | -0.70 | 0.00 | 0.00 | 26.75 | 76.55 | 7.99 | 23.89 |
| 8 | -0.60 | 0.00 | 0.00 | 31.29 | 87.52 | 10.89 | 32.10 |
| 9 | -0.50 | 0.00 | 0.00 | 35.84 | 97.97 | 14.25 | 41.38 |
| 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -89.55 | -5.95 | -123.74 | -4.54 |
| 11 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | -89.75 | -5.45 | -114.57 | -3.97 |
| 12 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | -89.43 | -4.98 | -105.41 | -3.45 |
| 13 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | -88.60 | -4.52 | -96.30 | -2.98 |
| 14 | 0.40 | 0.00 | 0.00 | -87.25 | -4.08 | -87.31 | -2.54 |
| 15 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | -85.40 | -3.67 | -78.47 | -2.16 |
| 16 | 0.60 | 0.00 | 0.00 | -83.03 | -3.28 | -69.85 | -1.81 |
| 17 | 0.70 | 0.00 | 0.00 | -80.14 | -2.91 | -61.48 | -1.50 |
| 18 | 0.80 | 0.00 | 0.00 | -76.75 | -2.56 | -53.43 | -1.23 |
| 19 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | -72.84 | -2.23 | -45.75 | -0.99 |
| 20 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | -68.42 | -1.92 | -38.48 | -0.78 |
| 21 | 1.10 | 0.00 | 0.00 | -63.48 | -1.63 | -31.68 | -0.61 |
| 22 | 1.20 | 0.00 | 0.00 | -58.04 | -1.36 | -25.40 | -0.46 |
| 23 | 1.30 | 0.00 | 0.00 | -52.08 | -1.12 | -19.69 | -0.33 |
| 24 | 1.40 | 0.00 | 0.00 | -45.61 | -0.90 | -14.60 | -0.23 |

| n° | X [m] | N _{min} [kN] | N _{max} [kN] | T _{min} [kN] | T _{max} [kN] | M _{min} [kNm] | M _{max} [kNm] |
|----|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 25 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | -38.62 | -0.69 | -10.19 | -0.15 |
| 26 | 1.60 | 0.00 | 0.00 | -31.12 | -0.51 | -6.50 | -0.09 |
| 27 | 1.70 | 0.00 | 0.00 | -23.11 | -0.35 | -3.58 | -0.05 |
| 28 | 1.80 | 0.00 | 0.00 | -16.33 | -0.21 | -1.65 | -0.02 |
| 29 | 1.90 | 0.00 | 0.00 | -8.28 | -0.10 | -0.42 | 0.00 |
| 30 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Incidenza armatura

L'incidenza dell'armatura viene calcolata su una striscia di 1 m.

| | V _{cls} [m ²] | Q _{armatura} [kg] | Tasso [kg/m ²] |
|-----------|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Muro MS01 | 4.25 | 335 | 80.00 |