

ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:
 SS. 318 DI "VALFABBRICA", TRATTO PIANELLO - VALFABBRICA
 SS. 76 "VAL D'ESINO", TRATTI FOSSATO VICO - CANCELLI E ALBACINA - SERRA SAN QUIRICO
 "PEDEMONTANA DELLE MARCHE", TRATTO FABRIANO-MUCCIA-SFERCIA.

PERIZIA DI VARIANTE

| | |
|---|--|
| CONTRAENTE GENERALE:  DIRPA 2 s.c.a.r.l. | Il Responsabile del Contraente Generale: |
|---|--|

| | |
|--|--|
| PROGETTAZIONE: Partecipazioni Italia S.p.A. IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Salvatore Lieto <small>Ordine degli Ingegneri Prov. di Mantova n.1147</small> IL GEOLOGO: Geol. Amedeo Babbini <small>Ordine dei Geologi Regione Toscana n.1032</small> | ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE:  TECNOSTRUTTURE S.r.l. <small>SEDE LEGALE: Piazza Regina Margherita n.27 - 00198 ROMA SEDE OPERATIVA: Via delle Querciole n. 13 - 00037 Segni (RM)</small> IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Antonio Tosiani |
|--|--|

| | |
|---|--|
| VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Ing. Iginio Farotti | |
|---|--|

| | |
|---|---|
| 2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE D'ARTE MINORI - OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 - Muro in terramesh da pk.3+365 - 3+430 Relazione di calcolo | SCALA: 1:xxxx DATA: 28.07.2022 |
|---|---|

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (assegnato CIPE 20.04.2015)

| | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|--------|---------|-----|-------------|---------|----------|------|
| CODICE ELABORATO: | Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc. | n° progr | Rev. |
| | L O 7 0 3 | 2 1 3 | E | 1 6 | M U 0 1 2 1 | R E L | 0 1 | B |

| Rev. | Data | Descrizione | Redatto | | Controllato | Approvato |
|------|------------|----------------------------|----------------|----------------|-------------|-----------|
| A | 20.01.2022 | Emissione | Tecnostrutture | Tecnostrutture | A. Tosiani | S. Lieto |
| B | 28.07.2022 | Riscontro istruttoria ANAS | Tecnostrutture | Tecnostrutture | A. Tosiani | S. Lieto |
| | | | | | | |

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 1 di 52 |

I N D I C E

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1. | PREMESSA | 2 |
| 2. | DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO..... | 3 |
| 3. | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 6 |
| 4. | CARATTERISTICHE MATERIALI..... | 7 |
| 5. | INQUADRAMENTO GEOTECNICO..... | 8 |
| 6. | CARATTERIZZAZIONE SISMICA..... | 12 |
| 6.1 | METODO DI ANALISI..... | 14 |
| 6.1.1 | Verifica della stabilità globale: Descrizione modello di calcolo | 14 |
| 6.1.1.1 | Metodo di Bishop..... | 15 |
| 6.1.1.2 | Metodo di Bishop semplificato | 15 |
| 6.1.1.3 | Verifica di stabilità globale..... | 16 |
| 6.1.2 | Verifica dell'opera come muro di sostegno (Scorrimento, Ribaltamento e di Portanza della Fondazione)..... | 17 |
| 6.1.3 | Verifica di scorrimento..... | 18 |
| 6.1.4 | Verifica dei cedimenti..... | 18 |
| 6.2 | DEFINIZIONI ELEMENTI STRUTTURALI | 18 |
| 6.3 | IPOSTESI DI CALCOLO | 19 |
| 7. | ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI VERIFICA..... | 20 |
| 7.1 | CARICHI FISSI | 20 |
| 7.2 | SPINTE DEL TERRENO | 20 |
| 7.3 | SOVRACCARICHI ACCIDENTALI | 21 |
| 7.4 | AZIONI SISMICHE | 21 |
| 7.4.1 | Forze d'inerzia..... | 22 |
| 7.4.2 | Effetti sismici sulle spinte del terreno | 22 |
| 7.5 | STATI LIMITE E COMBINAZIONI DI VERIFICA AI SENSI DM 14.01.08..... | 23 |
| 8. | SEZIONE DI CALCOLO ANALIZZATA | 25 |
| 8.1 | RISULTATI VERIFICHE | 25 |
| 8.1.1 | Verifiche di stabilità globale..... | 25 |
| 8.1.2 | Verifiche come muro di sostegno..... | 27 |
| 9. | VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO | 29 |
| 10. | ALLEGATO 1 : TABULATI DI CALCOLO | 32 |
| 10.1 | MURO IN GABBIONI: H = 3.00 M..... | 32 |

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|----------|------|--------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 2 di 52 |

1. PREMESSA

Il presente documento rientra nell'ambito della redazione degli Elaborati tecnici di Progetto Esecutivo della strada Pedemontana Marchigiana, che costituisce l'elemento di completamento tra le due direttrici "S.S.76" Valnerina e "S.S.77" Val di Chienti, relativamente agli stralci funzionali n°3 (Svincolo di Castelraimondo nord – Svincolo di Castelraimondo sud) e n°4 (Svincolo di Castelraimondo sud - innesto con la S.S. 77 a Muccia)

Nell'ambito di tale progetto è previsto l'adeguamento in sede della S.P. 256 "Muccese" esistente, con attribuzione di una sezione trasversale tipo C1 riferita ad una Strada Secondaria in Ambito Extraurbano (Cat. C). Tale intervento si sviluppa, a partire dalla Rotatoria di Camerino Sud/Muccia, per 4.052,28 m dove inizia il tratto di Collegamento al By-pass di Muccia (intervento finalizzato al collegamento con la S.S. 77). Alla fine dell'intervento di adeguamento è previsto il "Collegamento" con il bypass di Muccia. Nell'ambito della realizzazione di codesto "Collegamento" è previsto la realizzazione di un muro in Terra Mesh System che va dal km 3+365 al km 3+430.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Oggetto della trattazione nel seguito esposta è in particolare il dimensionamento strutturale e geotecnico del muro in terramesh system di altezza pari a 3.00m.

Nel seguito, dopo una breve descrizione delle opere cui si riferiscono i calcoli sviluppati, si riportano tutti i criteri generali adottati per le analisi e verifiche strutturali, ed a seguire , tutti i risultati ottenuti nei vari casi.

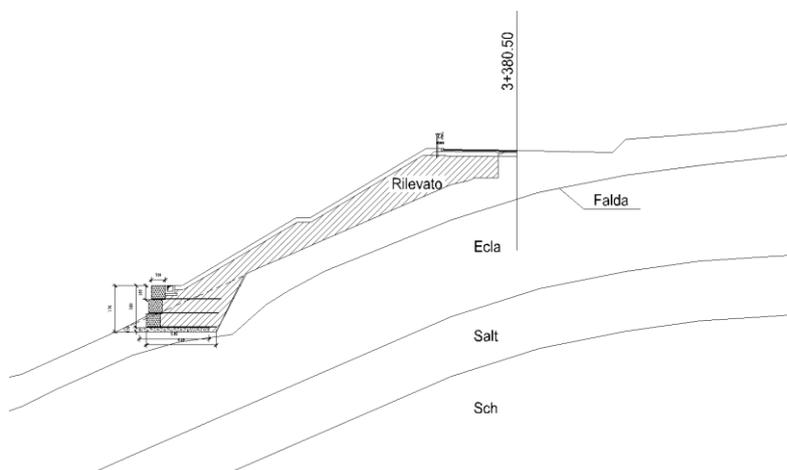
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 3 di 52 |

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

I calcoli esposti nel presente documento, si riferiscono, come già anticipato in premessa, alle opere di sostegno in terra Mesch previste a margine del corpo stradale dell'asse principale.

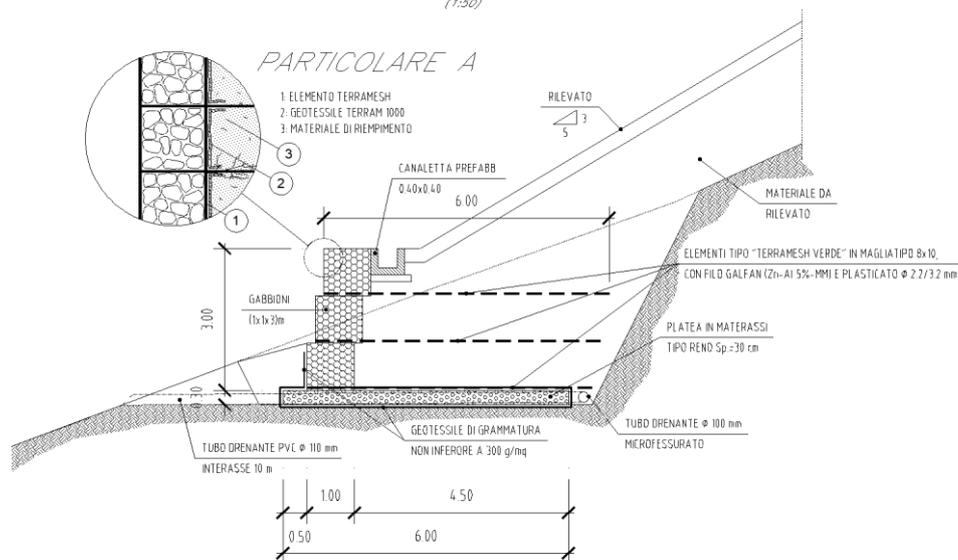
Nel seguito si riporta la sezione tipo assunte per modellare il muro in oggetto:

Sezioni Tipo Opere in terra rinforzata



Sezione di studio

SEZIONE TIPO MURO IN TERRAMESH SYSTEM (1:50)



Sezione muro in terramesh System: H = 3.00 m

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE- BYPASS DI MUCCIA

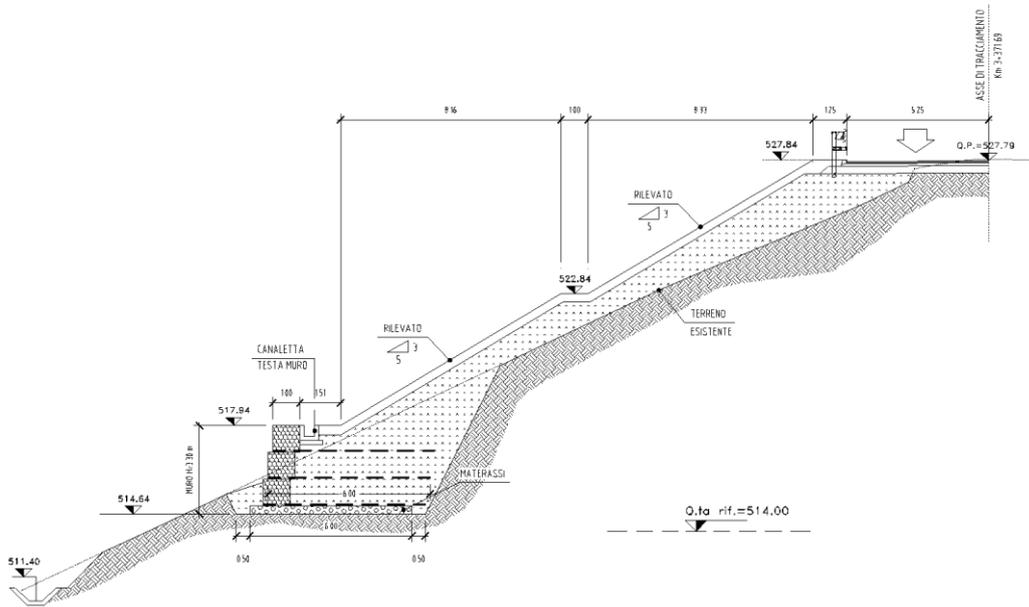
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

OPERE D'ARTE MINORI

SP 256 - Muro in terramesh da Pk 3+365 a Pk 3+430 - Relazione di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 5 di 52 |



Sezione trasversale

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc. | N.prog. | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|---------|---------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 6 di 52 |

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la redazione del progetto strutturale e geotecnico esposto nel presente documento, si è fatto riferimento alle seguenti normative e specifiche nazionali e comunitarie:

- **D.M. 14/01/2008.**

Norme tecniche per le costruzioni.

- **Circolare del 02/02/2009.**

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 14/01/2008.

4. CARATTERISTICHE MATERIALI

GABBIONI

Gabbioni rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8 x 10 (UNI – EN 10223 – 3) diametro 2.7 – 3.7 mm (UNI – EN 10218) galvanizzato con lega eutettica Zn – Al (5%) – Cerio – Lantanio (EN 10244) e rivestito in materiale plastico di colore grigio – Carico nominale a rottura 50kN/m

MATERASSI

Materassi metallici in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 6 x 8 (UNI – EN 10223 – 3) diametro 2.2 – 3.2 mm (UNI – EN 10218) galvanizzato con lega eutettica Zn – Al (5%) – Cerio – Lantanio (EN 10244) e rivestito in materiale plastico di colore grigio.

RIEMPIMENTO GABBIONI E MATERASSI

Peso specifico > 2600 kg/mc

Lo spessore dei materassi è pari a 30 cm salvo diversa indicazione.

Caratteristiche spessore/pezzatura

| Spessore (cm) | Pezzatura (mm) |
|------------------|-------------------|
| 30 | 150–180 |
| 50 | 200–250 |
| 100 | 200–400 |

GEOTESSILE

Geotessile di grammatura non inferiore a 300 g/mq.

Resistenza a trazione non inferiore a 18 kN/m.

RINTERRO

Materiale di risulta degli scavi, compattato per strati di spessore massimo al finito pari a:

30 cm per materassi fini;

50–60 cm per materiali grossolani.

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 8 di 52 |

5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno interagente con le opere oggetto di dimensionamento nel presente documento, si è fatto riferimento a quanto dettagliatamente indicato nella Relazione Geotecnica e nel Profilo Geotecnico Generale di Progetto, da cui si evince che le formazioni più superficiali che interagiscono direttamente con le opere in esame, sono costituite dalle unità geotecniche **Ecla – Depositi eluvio-colluviali**, come testimoniato dagli stralci del profilo geotecnico riferiti alla zona in cui sono ubicate le opere in oggetto, vedi la figura successiva.

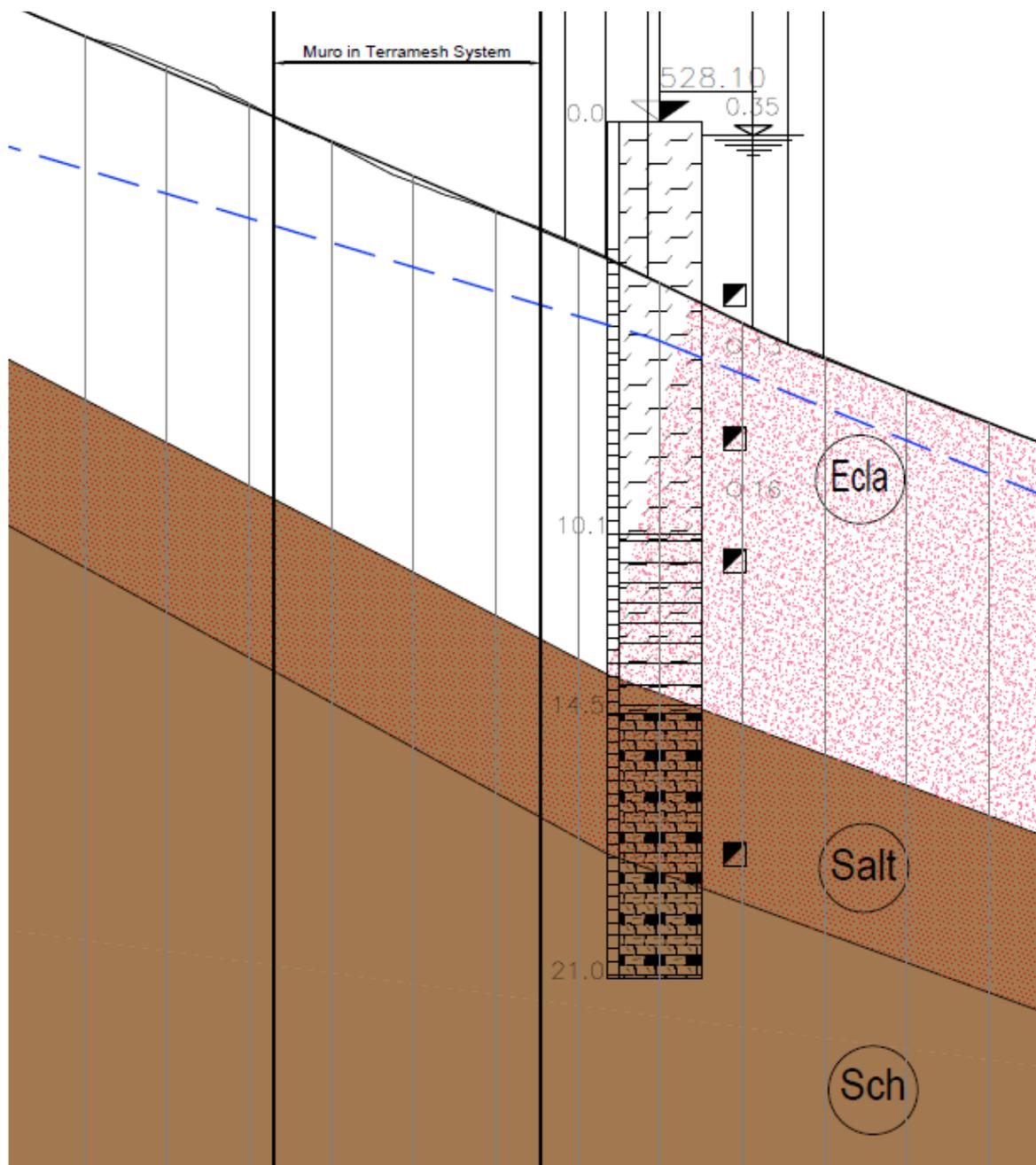
Di seguito si riporta la successione delle unità geotecniche ricadenti della zona in oggetto:

- **Unità Ecla:** Depositi eluvio-colluviali costituito da uno strato di altezza media di circa 9.50m ;
- **Unità Salt:** Strato alterato di argilla limosa costituito da uno spessore di circa 4.30 m;
- **Unità Sch:** Formazione dello Schlier;

la quota della falda, in corrispondenza della sezione più significativa assunta nel modello di studio, e di circa 2.30 m da p.c..

Di seguito è riportato lo stralcio del profilo Geotecnico Generale di Progetto:

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 9 di 52 |



Stralcio Profilo Geotecnico tratto in oggetto

I parametri geotecnici caratteristici per le varie unità geotecniche sono:

Unità Ecla - Depositi eluvio colluviali limoso argillosi

| | |
|--|--|
| $\gamma = 18.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale |
| $\phi' = 23 \div 28^\circ$ | angolo di resistenza al taglio |
| $c' = 5 \div 15 \text{ kPa}$ | coesione drenata |
| $\phi_r' = 14^\circ \div 21^\circ$ | angolo di resistenza al taglio residuo |
| $c_r' = 0 \text{ kPa}$ | coesione drenata residua |
| $c_u = 50 \div 220 \text{ kPa}$ | resistenza al taglio in condizioni non drenate |
| $G_o = 20 \div 160 \text{ MPa}$ | modulo di deformazione a taglio iniziale |
| $E_o = 60 \div 400 \text{ MPa}$ | modulo di deformazione elastico iniziale |

Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso

| | |
|--|--|
| $\gamma = 19.0 \div 21.5 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale |
| $\phi' = 23 \div 30^\circ$ | angolo di resistenza al taglio |
| $c' = 5 \div 15 \text{ kPa}$ | coesione drenata |
| $\phi_r' = 20 \div 22^\circ$ | angolo di resistenza al taglio residuo |
| $c_r' = 0 \text{ kPa}$ | coesione drenata residua |
| $c_u = 50 \div 300 \text{ kPa}$ | resistenza al taglio in condizioni non drenate |
| $G_o = 80 \div 350 \text{ MPa}$ | modulo di deformazione a taglio iniziale |
| $E_o = 400 \div 900 \text{ MPa}$ | modulo di deformazione elastico iniziale |

Unità Sch – Formazione dello Schlier

| | |
|--|---|
| $\gamma = 22.0 \div 24.0 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale |
| $E'_{op} = 20 + 5.75 \cdot z \text{ MPa per } z < 40 \text{ m}$ | modulo di deformazione elastico operativo |
| $E'_{op} = 100 + 3.75 \cdot z \text{ MPa per } z > 40 \text{ m}$ | |

| Z [m] | c' [kPa] | ϕ' [°] |
|-------|------------|-------------|
| 20 | 55 ÷ 70 | 29 ÷ 33 |
| 30 | 70 ÷ 90 | 27 ÷ 31 |
| 50 | 90 ÷ 250 | 25 ÷ 30 |

Pertanto, in considerazione della contenuta variabilità dei parametri tra le due unità, si è fatto riferimento ai fini del calcolo ai seguenti parametri di progetto, espressi in termini di tensioni efficaci ed assumendo i corrispettivi valori medi dei parametri geotecnici:

Terrapieno del rilevato stradale:

| γ (KN/m ³) | c' (KPa) | φ ° | Eop (MPa) |
|-------------------------------|----------|-------------|-----------|
| 20 | 0 | 35 | 30 |

Terreno di fondazione:

| UNITA' | γ (KN/m ³) | c' (KPa) | φ ° | Eop (MPa) |
|--------|-------------------------------|----------|-------------|-----------|
| Ecla | 19.5 | 10 | 26 | 20 |
| Salt | 20 | 10 | 26 | 130 |
| Sch | 23 | 62 | 31 | 135 |

Riguardo il livello di **falda locale**, nei tratti in esame si è assunto un livello di falda a circa -2.30m da p.c. come evidenziato nel profilo geologico-geotecnico

Per il rilevato strutturale e per i gabbioni si sono assunti i seguenti parametri:

Terreno strutturale

| γ (KN/m ³) | c' (KPa) | φ ° |
|-------------------------------|----------|-------------|
| 20 | 0 | 35 |

Terreno di riempimento dei gabbioni

| γ (KN/m ³) | c' (KPa) | φ ° |
|-------------------------------|----------|-------------|
| 20 | 12.5 | 40 |

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 12 di 52 |

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Le opere in progetto rientrano nell'ambito dei Lavori di Realizzazione dell'Infrastruttura "Pedemontana delle Marche" progettato per una vita nominale V_N pari a **50** anni. ed una classe d'uso **III** (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.") ai sensi del D. Min. 14/01/2008, da cui scaturisce un coefficiente d'uso $C_U = 1.5$

L'azione sismica di progetto è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste, descritta in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco a_g (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$;
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera;
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g , accelerazione orizzontale massima del terreno
- F_0 , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_{c^*} , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

In particolare, si può notare come F_0 descriva la pericolosità sismica locale del sito su cui l'opera insiste. Infatti, da quest'ultimo, attraverso le espressioni fornite dalla normativa, sono valutati i valori d'amplificazione stratigrafica e topografica.

Di seguito sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto.

- Vita nominale V_N = 50 anni;
- Classe d'uso = III;
- Coefficiente d'uso C_U = 1.5;
- Periodo di riferimento V_R = 75 anni;
- $T_{R,SLV}$ = 712 anni;

- Comune = Fabriano;

A partire dai dati di cui in precedenza, si determinano i valori dei parametri di pericolosità sismica riferiti ai diversi stati limite di verifica previsti dalla Normativa nei riguardi delle azioni sismiche.

Pertanto, dalla relazione sismica L0703213E04000000REL01 si ricavano i seguenti parametri sismici:

Pk 3+000

| | |
|--|---|
| Latitudine (WGS84) <input type="text" value="43.09871665"/> | Longitudine (WGS84) <input type="text" value="13.04730045"/> |
| Latitudine (ED50) <input type="text" value="43.100448"/> | Longitudine (ED50) <input type="text" value="13.048118"/> |
| Altitudine (mt) <input type="text" value="0"/> | |
| Classe dell'edificio <input type="text" value="III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti signific"/> | |
| Vita Nominale Struttura <input type="text" value="50"/> | |
| Periodo di Riferimento per l'azione sismica <input type="text" value="75"/> | |

Parametri di pericolosità Sismica

| Stato Limite | T_r [anni] | a_g/g [-] | F_o [-] | T_c^* [s] |
|----------------------|-----------------|----------------|--------------|----------------|
| Operatività | 45 | 0.082 | 2.417 | 0.287 |
| Danno | 75 | 0.102 | 2.415 | 0.291 |
| Salvaguardia Vita | 712 | 0.237 | 2.473 | 0.330 |
| Prevenzione Collasso | 1462 | 0.299 | 2.506 | 0.340 |

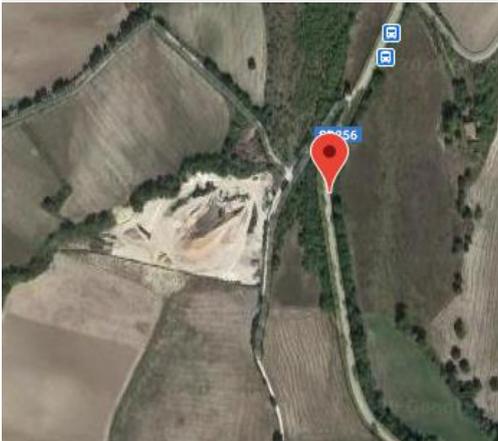


Tabella di riepilogo Parametri di pericolosità di Progetto

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 14 di 52 |

6.1 METODO DI ANALISI

6.1.1 Verifica della stabilità globale: Descrizione modello di calcolo

Le analisi vengono eseguite verificando la stabilità delle sezioni indicate in precedenza simulando la presenza dei rinforzi in rete metallica disposti secondo le necessità progettuali, considerando tutta una serie di potenziali superfici di scivolamento circolari e riscontrando in ogni caso, in accordo alla Normativa, un fattore di sicurezza $FS \geq 1.00$ (R1) \div 1.10 (R2) per quanto concerne tutte le verifiche di stabilità. Nello specifico per la stabilità globali si applica l'approccio di tipo geotecnico (GEO) con combinazione A2+M2+R2 che risulta essere la più cautelativa e ricercando un fattore di sicurezza $FS \geq 1.10$.

I calcoli sono stati svolti mediante l'ausilio del modulo di Verifica di Stabilità dei Pendii (VSP) del programma PARATIE PLUS.

Le analisi di stabilità dei pendii possono essere verificate con diversi metodi di calcolo, ognuno dei quali fornisce un'equazione finale che permette di determinare il coefficiente di sicurezza. Ogni metodo assume una serie di ipotesi semplificative così da poter rendere risolvibile il sistema di equazioni.

Alcuni di questi metodi sono stati risolti con metodo iterativo, vale a dire creando una procedura di calcolo che facilita la loro implementazione su macchina.

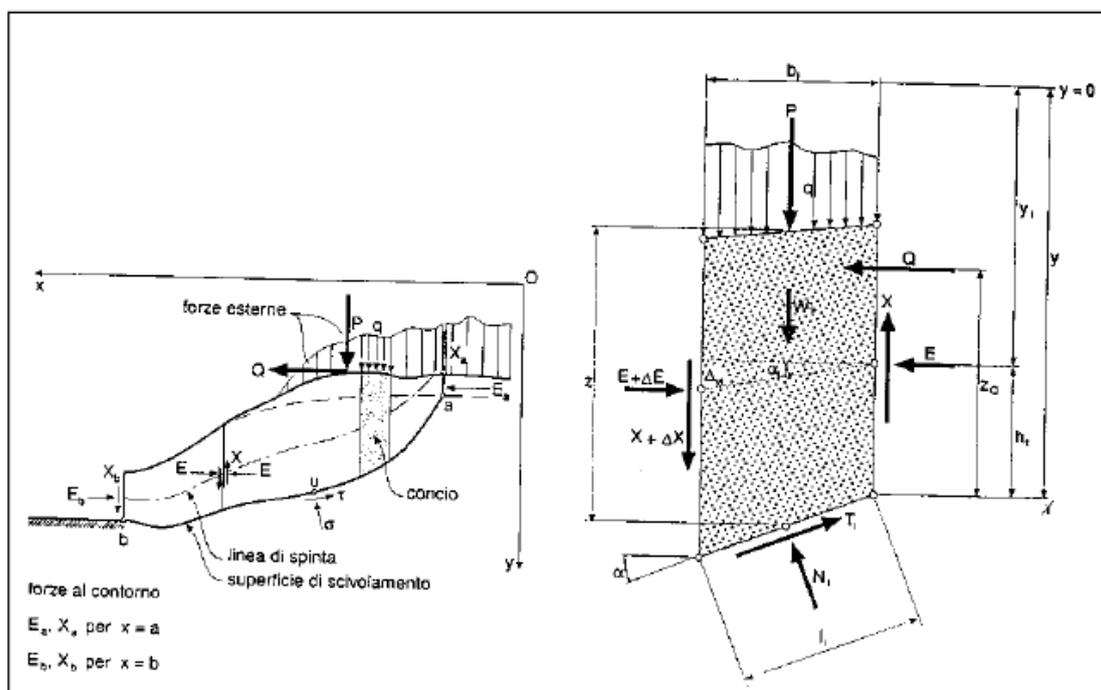
Tra questi ci interessa maggiormente approfondire i metodi implementati dal programma di calcolo innanzi detto, che fa riferimento al metodo di Bishop (1955) e il metodo di Janbu (1954) e le loro semplificazioni.

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

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

Per ogni concio sono disponibili per la risoluzione del sistema le tre equazioni della statica (equilibrio traslazione verticale, orizzontale ed equilibrio dei momenti), quindi per n conci si avranno 3n equazioni linearmente indipendenti.

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 15 di 52 |



Schema delle azioni agenti su di un singolo concio

6.1.1.1 Metodo di Bishop

Questo metodo adotta come prima semplificazione l'ipotesi di una superficie di rottura circolare; inoltre considera la risultante delle forze perpendicolari alla superficie laterale del concio equilibrate ($X_i + X_{i+1} = 0$).

Utilizzando tali ipotesi è possibile ottenere un numero d'incognite uguali al numero d'equazioni (3n equazioni in 3n incognite).

Risolvendo il sistema si ottiene un coefficiente di sicurezza dato dal rapporto tra la risultante dei momenti stabilizzanti e la risultante dei momenti destabilizzanti, nella forma:

$$FS = \frac{\sum M_{stab}}{\sum M_{destab}}$$

6.1.1.2 Metodo di Bishop semplificato

In tale metodo si aggiunge un'ulteriore ipotesi rispetto al precedente, ossia si considerano nulle le forze agenti parallelamente alla superficie laterale del concio. Il sistema sarà così di 2n equazioni in 2n incognite.

Le equazioni considerate sono quelle dell'equilibrio alla traslazione verticale e dei momenti, ne segue che non è garantito l'equilibrio complessivo alla traslazione orizzontale.

Il coefficiente di sicurezza risulta essere sempre del tipo:

$$FS = \frac{\sum M_{stab}}{\sum M_{destab}}$$

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 16 di 52 |

Un corretto dimensionamento di una struttura in terra rinforzata implica una scelta corretta della lunghezza e della spaziatura verticale dei rinforzi al fine di garantire la stabilità. Le analisi di stabilità sono state eseguite in corrispondenza della sezione ritenuta più significativa ai fini del calcolo.

Ai fini del calcolo strutturale si è fatto riferimento alle prestazioni di progetto a lungo termine del materiale; a tale proposito il parametro più complicato da individuare è la resistenza di lavoro, per la quale le diverse normative possono indicare metodologie differenti per la definizione. Mancando in Italia una qualsiasi indicazione in merito, per la stima della resistenza di lavoro degli elementi di rinforzo si è fatto riferimento allo schema illustrato di seguito che la BS8006 (inglese) prescrive per i rinforzi in genere.

La resistenza di lavoro T_d è tale che:

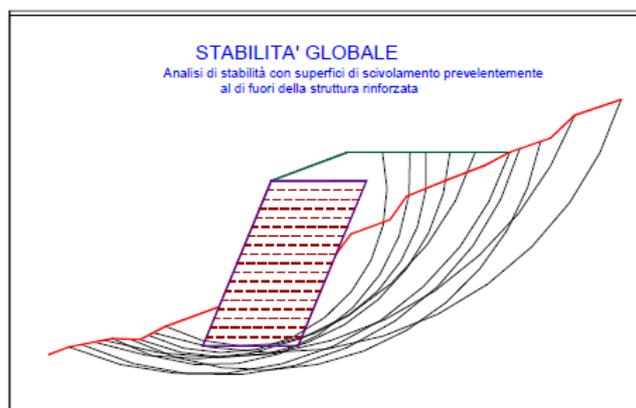
$$T_d = T_b / (f_{creep} \times f_m)$$

f_m è il fattore di sicurezza complessivo composto dalla moltiplicazioni di svariati sotto fattori, come esplicitato nello schema seguente, che consente di passare dalla resistenza a trazione nominale, T_b a quella di lavoro.

T_d è calcolato per una data deformazione massima ammissibile nei rinforzi durante la vita di progetto che, per le opere in terra rinforzata, sono dell'ordine del 5.5-6.5 %.

6.1.1.3 Verifica di stabilità globale

Verifica delle dimensioni della massa strutturale nei confronti di scivolamenti più esterni, che possano determinare fenomeni di instabilità più profondi negli strati di terreno. In questo caso si è assunto che le superfici partano da un intervallo spaziale più a valle rispetto al piede dell'opera.



Stabilità globale

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 17 di 52 |

6.1.2 Verifica dell'opera come muro di sostegno (Scorrimento, Ribaltamento e di Portanza della Fondazione)

Le verifiche della terramesh sono state effettuate col codice di calcolo MACSTARS W.

In tale verifica l'opera in terra rinforzata, intera o una sua parte, viene considerata come un muro monolitico, formato da blocchi che compongono l'opera stessa, che sostiene le spinte del terreno che si trova a monte.

A costituire il muro possono concorrere tutti i blocchi (intesi come rilevati strutturali) che costituiscono l'opera oppure tutti i blocchi a partire dal blocco di verifica, cioè tutti i blocchi di una opera che si trovano sopra un blocco scelto per tale verifica.

Affinché la sequenza di blocchi prescelta possa essere considerata un muro monolitico deve essere soddisfatta una condizione geometrica di pendenza media dei blocchi (β in fig. 4) che deve essere superiore od uguale a 70° . La valutazione della pendenza media viene effettuata dal programma considerando la retta congiungente lo spigolo inferiore destro del primo blocco (fig. 4, punti A) con lo spigolo superiore destro dell'ultimo blocco di verifica (fig. 4, punti B)

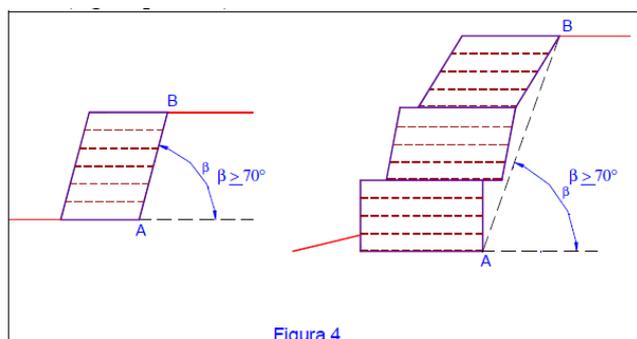
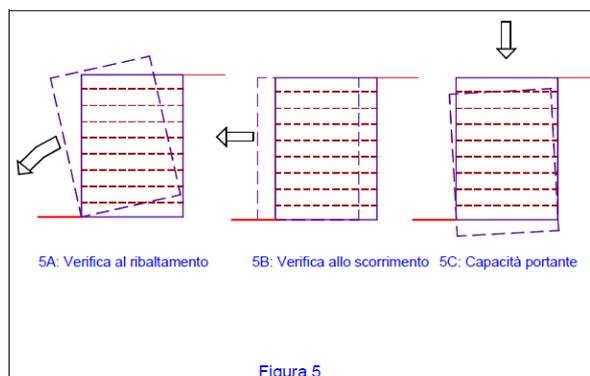


Figura 4

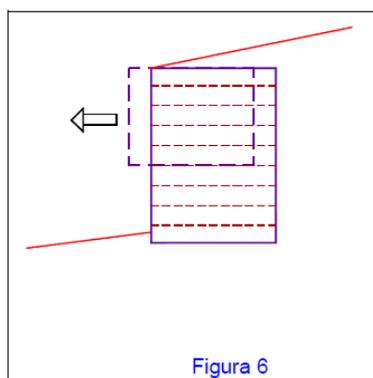
In tale verifica l'opera di sostegno in gabbioni (gabbionata), viene considerata come un muro monolitico. La verifica dell'opera come muro di sostegno, sia essa in terra rinforzata che muro in gabbioni, si articola a sua volta nelle tre verifiche classiche dei muri di sostegno (fig. 5): verifica al ribaltamento (fig. 5a), verifica allo scorrimento (fig. 5b), verifica per capacità portante (fig. 5c). Per quest'ultima verifica il valore della pressione di rottura del terreno alla base del muro può essere fornita dall'utente oppure può essere calcolata automaticamente dal programma come meglio di seguito descritto.

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 18 di 52 |



6.1.3 Verifica di scorrimento

In tale tipo di verifica si accerta la stabilità di un'opera (intera o di una sua porzione) allo scorrimento lungo un piano orizzontale scelto dall'utente (fig. 6), con parametri di verifica (coesione e angolo di attrito sulla superficie di scorrimento) scelti pure dall'utente in funzione del tipo di contatto alla base.



6.1.4 Verifica dei cedimenti

MACSTARS W consente il calcolo dei cedimenti indotti dalla realizzazione di una opera in terra rinforzata.

I terreni aggiunti (rilevati strutturali, riempimenti a tergo, coperture in sommità) sono considerati carichi che inducono una variazione dello stato tensionale.

Differenti modelli di elasticità (in funzione del tipo di terreno) sono quindi utilizzati per calcolare il cedimento indotto dai carichi applicati.

6.2 DEFINIZIONI ELEMENTI STRUTTURALI

Per fare chiarezza su quanto esposto di seguito e sul listato di calcolo, con riferimento alla seguente illustrazione, sono fornite alcune definizioni:

Pendio originale: profilo del terreno originario, prima del progetto dei rinforzi;

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 19 di 52 |

Opera di rinforzo: sequenza continua di strutture di rinforzo chiamate blocchi; un pendio può comprendere quindi più opere; l'opera può prevedere superiormente un terreno di copertura;

Terreno di copertura: profilo del terreno posto al di sopra dell'opera per raccordare l'opera con un'opera sovrastante oppure per raccordare l'opera con il pendio originale;

Blocco: porzione di struttura in terra rinforzata costituita dal rilevato strutturale, dagli elementi di rinforzo omogenei come tipologia e dimensioni, dal terreno di riempimento a tergo;

Rilevato strutturale: terreno che costituisce i blocchi, deposto a strati tra i rinforzi, compattato meccanicamente per migliorarne le proprietà meccaniche e di resistenza;

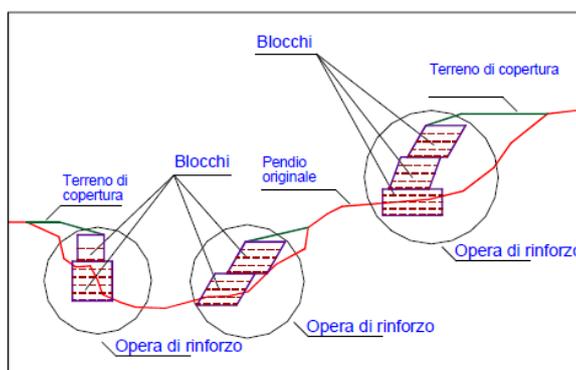
Riempimento a tergo: eventuale terreno posto a riempimento dello spazio tra il blocco ed il pendio originale (se presente);

Rinforzo: elemento resistente a trazione in virtù dell'attrito con il terreno, disposto lungo piani di posa orizzontali; può essere principale ed in tal caso è dotato di risvolto sul lato di valle oppure secondario posto tra il risvolto del principale sottostante ed il principale sovrastante; il secondario è sempre più lungo del principale;

Paramento: porzione libera in vista del blocco posto sul lato di valle;

Ancoraggio: lunghezza del rinforzo esterna alla superficie di rottura;

Sfilamento: raggiungimento delle condizioni di massima aderenza del rinforzo nel tratto ancorato o nel tratto interno alla porzione di terreno instabile.



6.3 IPOTESI DI CALCOLO

Il dimensionamento delle strutture in progetto è stato eseguito con riferimento a quanto riportato nei tabulati di calcolo dove sono riportate le caratteristiche e dimensioni dei rinforzi impiegati internamente alla struttura.

Nei paragrafi seguenti oltre all'analisi dei carichi si riportano i coefficienti di sicurezza minimi ricavati per le diverse sezioni di calcolo analizzate.

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N. prog. | Rev. | Pag. di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|----------|------|--------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 20 di 52 |

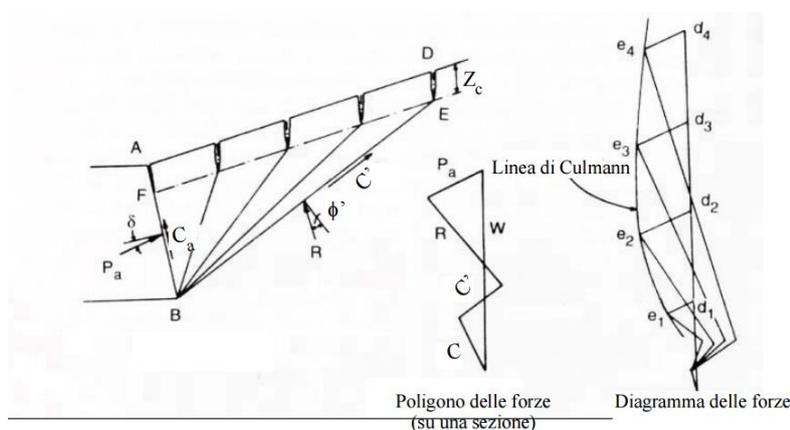
7. ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI VERIFICA

7.1 CARICHI FISSI

Per carichi fissi si intendono le azioni associate ai pesi propri del muro e del terrapieno. A tal riguardo è stato assegnato per entrambi i casi un peso dell'Unità di Volume $\gamma=20 \text{ KN/m}^3$.

7.2 SPINTE DEL TERRENO

Per la valutazione delle spinte del terreno in fase statica, si è fatto riferimento al metodo di Culmann,



Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del massa spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione θ 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;
- 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 (C_A);
- dal poligono di equilibrio si ricava quindi il valore della spinta S sulla parete (P_a).

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano quindi derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z. Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Analogamente, nota la Spinta complessiva **S**, è possibile ricavare in maniera indiretta, il valore del coefficiente di spinta K_a della nota espressione di Coulomb:

$$S = 1/2 \times \gamma \times H^2 \times K_a$$

7.3 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

In considerazioni della sistemazione prevista a monte dell'opera, si è assunto un sovraccarico stradale pari a 20 kN/m².

7.4 AZIONI SISMICHE

Per la Valutazione degli effetti dell'azione sismica sulle masse e sui coefficienti di spinta del terreno, si è fatto riferimento al metodo pseudo-statico previsto al punto 7.11.3.5.2 - "Metodi di Analisi" - delle NTC secondo il quale, nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.6)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.7)$$

dove

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

g = accelerazione di gravità.

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

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (7.11.8)$$

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente β_m assume i valori riportati nella Tab. 7.11-II.

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m

Tabella 7.11.II - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

| | Categoria di sottosuolo | |
|-------------------------|-------------------------|------------|
| | A | B, C, D, E |
| | β_m | β_m |
| $0.2 < a_g(g) \leq 0.4$ | 0,31 | 0,31 |
| $0.1 < a_g(g) \leq 0.2$ | 0,29 | 0,24 |
| $a_g(g) \leq 0.1$ | 0,20 | 0,18 |

Nel caso in specie si ha:

$$a_g = 0.237$$

$$S = 1.384$$

$$\beta_m = 0.31$$

Da cui:

$$K_h = 0.102 \quad \text{- Coefficiente sismico orizzontale}$$

$$K_v = 0.051 \quad \text{- Coefficiente sismico verticale}$$

7.4.1 Forze d'inerzia

Per le verifiche in fase sismica verranno pertanto applicate a tutti carichi fissi le seguenti forze d'inerzia:

$$F_h = K_h \cdot W_i \quad \text{(Forza d'inerzia legata alla componente orizzontale del sisma)}$$

$$F_v = \pm 0.5 K_h \cdot W_i \quad \text{(Forza d'inerzia legata alla componente verticale del sisma)}$$

essendo W_i il peso dell'elemento in esame o l'entità del carico fisso.

7.4.2 Effetti sismici sulle spinte del terreno

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta.

Per le verifiche in fase sismica infatti, nell'equazione risolutiva dell'equilibrio del cuneo, vengono infatti aggiunte anche le forze d'inerzia proprie del Cuneo F_h ed F_v . La superficie di rottura nel caso di sisma risulta generalmente meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog. | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|---------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 23 di 52 |

7.5 STATI LIMITE E COMBINAZIONI DI VERIFICA AI SENSI DM 14.01.08

Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili, qual è il caso delle terre rinforzate, devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)*
 - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
 - scorrimento sul piano di posa;
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
 - ribaltamento;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali,

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

Le rimanenti verifiche devono essere invece effettuate secondo almeno uno dei seguenti approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2:

(A1+M1+R3)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici, e della Tabelle 6.5.I e 6.8.I per ciò che concerne i coefficienti parziali sulle resistenze che di seguito si riportano per maggiore chiarezza.

Nella presente relazione di calcolo si è scelto il calcolo secondo l'approccio 2, combinazione A1+M1+R3.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

| CARICHI | EFFETTO | Coefficiente Parziale γ_E (o γ_E) | EQU | (A1) STR | (A2) GEO |
|---|-------------|---|-----|-------------|-------------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevole | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Permanenti non strutturali ⁽¹⁾ | Favorevole | γ_{G2} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Q1} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| PARAMETRO | GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE | COEFFICIENTE PARZIALE γ_M | (M1) | (M2) |
|--|---|--|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \phi'_k$ | $\gamma_{\phi'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Coesione efficace | c'_k | γ_c | 1,0 | 1,25 |
| Resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,0 | 1,4 |
| Peso dell'unità di volume | γ | γ_r | 1,0 | 1,0 |

Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.

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

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

| Coefficiente | R2 |
|--------------|-----|
| γ_R | 1.1 |

Nel caso in esame si è fatto riferimento all'approccio di Verifica 1,

Le verifiche in condizioni sismiche vanno infine effettuati con gli stessi criteri di cui sopra, ponendo pari dell'unità i coefficienti parziali sulle Azioni ($A1=1 / A2=1$), in accordo a quanto specificato al punto 7.11.1 del DM 14.01.08.

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 25 di 52 |

8. SEZIONE DI CALCOLO ANALIZZATA

8.1 RISULTATI VERIFICHE

8.1.1 Verifiche di stabilità globale

In accordo con la normativa vigente, le verifiche di stabilità sia in condizioni statiche che sismiche sono state effettuate con l'Approccio 1- Combinazione 2: A2+M2+R2 tenendo conto dei vari coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I. In particolare, per la condizione sismica i coefficienti parziali sulle azioni (A2) risultano essere unitari (paragrafo 7.11 NTC). Il sovraccarico stradale è pari a 20 kPa, mentre in sismica è nullo.

Per la valutazione degli effetti dell'azione sismica sulle masse e sui coefficienti di spinta del terreno, si è fatto riferimento al metodo pseudo-statico previsto al punto 7.11.6 per le opere di sostegno delle NTC2008 e al §5.1 della presente relazione secondo i quali, nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} = 0.31 \cdot 1.384 \cdot 0.237/g = 0.101/g$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = \pm 0.101/2 = \pm 0.0508/g$$

Le analisi sono state condotte con i metodi all'equilibrio limite tenendo conto della stratigrafia reale del sito. Il livello di sicurezza è espresso come rapporto tra la resistenza a taglio disponibile e lo sforzo di taglio mobilitato lungo la potenziale superficie di scorrimento. In particolare, nei metodi delle strisce la massa di terreno viene discretizzata in strisce verticali e si determina la superficie di scorrimento critica in corrispondenza della quale si ha il minimo coefficiente di sicurezza

La condizione di verifica $E_d \leq R_d$ equivale ad avere un coefficiente di sicurezza in corrispondenza della superficie di scorrimento critica $F_{min} \geq \gamma R$: $F = R_d/E_d \geq 1.1$.

Nelle analisi è stato adottato il metodo di Bishop che considera delle superfici di scorrimento a direttrice circolare.

I calcoli sono stati svolti mediante l'ausilio del modulo di Verifica di Stabilità dei Pendii (VSP) del programma PARATIE PLUS.

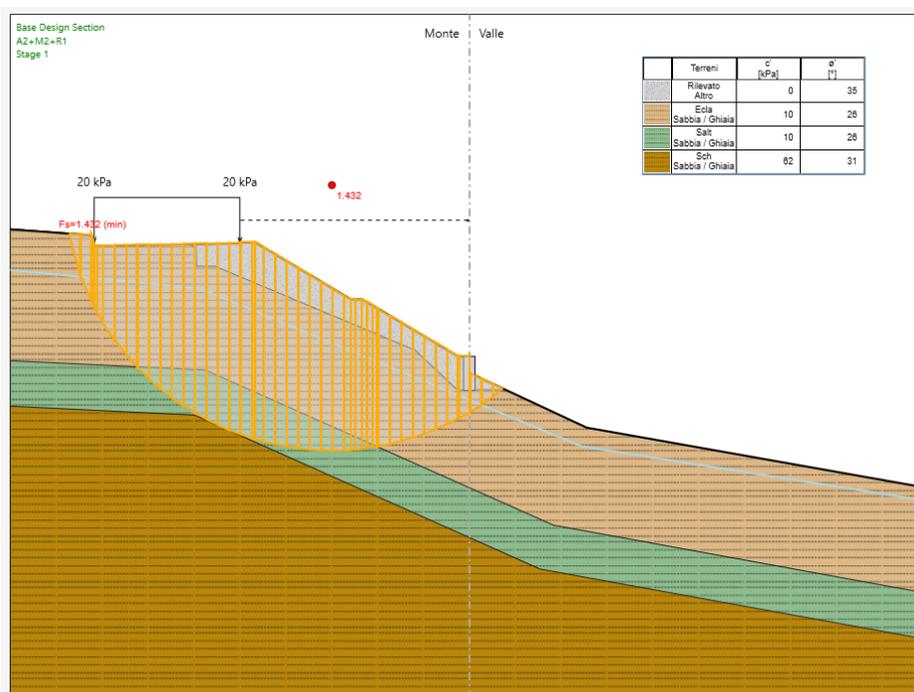
| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 26 di 52 |

I principali risultati sono riportati di seguito:

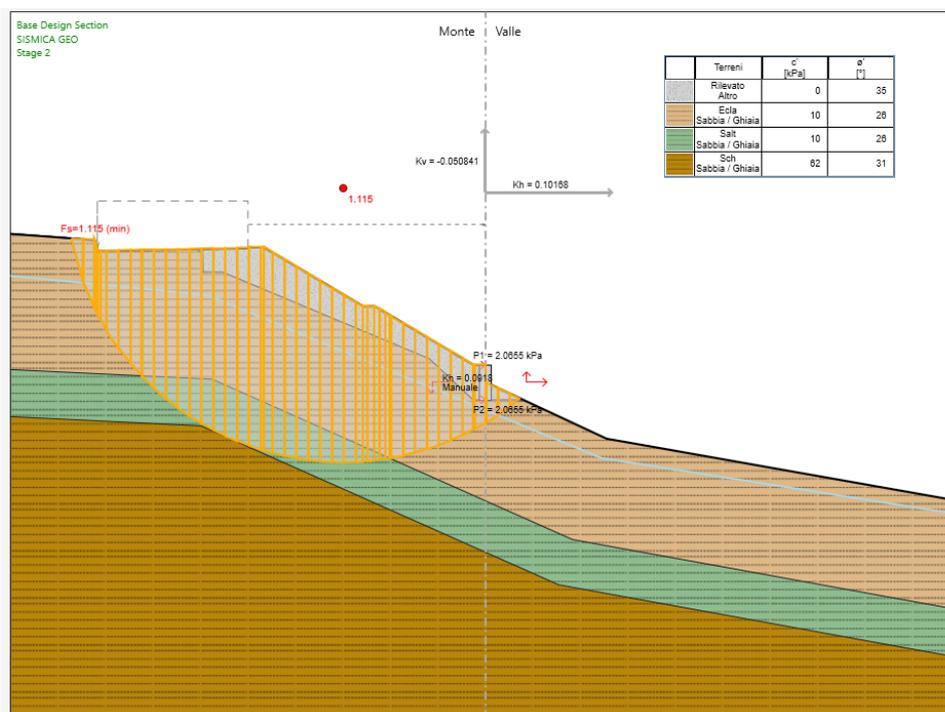
| | F_{min} | R2 |
|---|------------------------|-----------|
| Condizioni Statiche: fase di esercizio accidentale stradale pari a 1.3*20=26 kN/mq | 1.432 | 1.1 |
| Condizioni Sismiche: accidentale stradale sismico pari a 0.0*20=0.0 kN/mq | 1.115 | 1.1 |

La stratigrafia è indicata nel capitolo di inquadramento geotecnico.

Le superfici di scorrimento critiche sono riportate nelle figure seguenti:



Condizioni Statiche: Fase di esercizio – Superficie Critica di Scorrimento massima



Condizioni Sismiche: Fase definitiva – Superficie Critica di Scorrimento massima

8.1.2 Verifiche come muro di sostegno

Nei tabulati, sono indicati i valori dei coefficienti di sicurezza ottenuti nelle analisi eseguite in assenza e in presenza di sisma. Come si può notare, per tutti i casi studiati, il coefficiente di sicurezza ottenuto è maggiore del valore minimo richiesto dalla normativa vigente.

Come anticipato al § 6.2.1, “il codice MACSTARS W utilizzato per il calcolo, i coefficienti di riduzione sulle resistenze (γ_R) che quindi sono già automaticamente applicati dal programma di calcolo, ciò implica che i valori dei Fattori di Sicurezza - previsto da normativa [≥ 1 (R1) ; 1/1.1 (R2) e 1.4/1.1 (R3)] e da cercare nelle verifiche devono essere maggiori di 1.00.”

Per i dettagli relativi alle analisi svolte si rimanda all'allegato della presente relazione, di seguito si riportano due tabelle, la prima con indicate le combinazioni di carico prese in esame come da norma e i relativi coefficienti minimi di sicurezza oltre alla tipologia di muro esaminata, mentre nella seconda tabella vengono riportati i coefficienti di sicurezza ottenuti dal codice di calcolo MACSTARS che come detto in precedenza devono risultare tutti maggiori di uno, dato che il codice di calcolo già tiene in conto i coefficienti R1, R2 ed R3, inoltre si riportano anche i coefficienti di calcolo esplicitati da dove si evince che le verifiche sono tutte soddisfatte:

Per i dettagli relativi alle analisi svolte si rimanda all'allegato della presente relazione, di seguito si riportano i risultati per le due tipologie strutturali:

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE- BYPASS DI MUCCIA
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia
OPERE D'ARTE MINORI

SP 256 - Muro in terramesh da Pk 3+365 a Pk 3+430 - Relazione di calcolo

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 28 di 52 |

MURO IN GABBIONI H = 3.00 m + 0.30 m MATERASSI

| SEZIONI DI CALCOLO | | Condiz. Di Carico | | Coeffic. Scorim. | Capacità Portante | Coeffic. Ribalt. | Cedimento | |
|----------------------|------------------|--|-------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|-----------|----|
| H _{max} [m] | Tipolog. | L Rinforzi | Condiz. Di Carico | F _{s,scor} | F' _{s,cp} | F _{s,Ribalt} | mm | |
| 3.00+0.30 m | TERRAMESH SYSTEM | Materassi L=6.00 m Sp = 0.30 m | STATICA | SLE | | | 18 | |
| | | | | A1+M1+R3 | 2.815 | 4.265 | -- | |
| | | | | EQU+M2+R1 | -- | -- | 2.218 | -- |
| | | Terramesh Gabbione 1.00X1.00X3.00 m L =6.00 m | SISMICA | M1 + R3 + Kh ± Kv | 1.337 | 1.547 | -- | |
| | | | | EQU + M2 + Kh ± Kv | -- | -- | 1.046 | -- |
| | | | | | | | | |

Combinazioni di carico da norma e relativi coefficienti di sicurezza minimi

| Tipo di verifica | Condizione | FS MacStar | FS esplicitato | | FS da NTC |
|--|------------|------------|----------------|---|------------|
| Capacità portante (A1+M1+R3)/(M1+R3+kh±kv) | Statica | 4.265 | 5.971 | > | 1.4 |
| | Sismica | 1.547 | 2.166 | > | 1.4 |
| Scorrimento (A1+M1+R3)/(M1+R3+kh±kv) | Statica | 2.815 | 3.097 | > | 1.1 |
| | Sismica | 1.337 | 1.471 | > | 1.1 |
| Ribaltamento (EQU+M2+R1)/EQU+M2+kh±kv) | Statica | 2.218 | 2.218 | > | 1 |
| | Sismica | 1.046 | 1.046 | > | 1 |

Verifiche geotecniche del muro in Gabbioni.

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 30 di 52 |

sfuerzo di taglio mobilitato lungo la potenziale superficie di scorrimento. In particolare, nei metodi delle strisce la massa di terreno viene discretizzata in strisce verticali e si determina la superficie di scorrimento critica in corrispondenza della quale si ha il minimo coefficiente di sicurezza

La condizione di verifica $E_d \leq R_d$ equivale ad avere un coefficiente di sicurezza in corrispondenza della superficie di scorrimento critica $F_{min} \geq \gamma R$: $F = R_d/E_d \geq 1.1$.

Nelle analisi è stato adottato il metodo di Bishop che considera delle superfici di scorrimento a direttrice circolare.

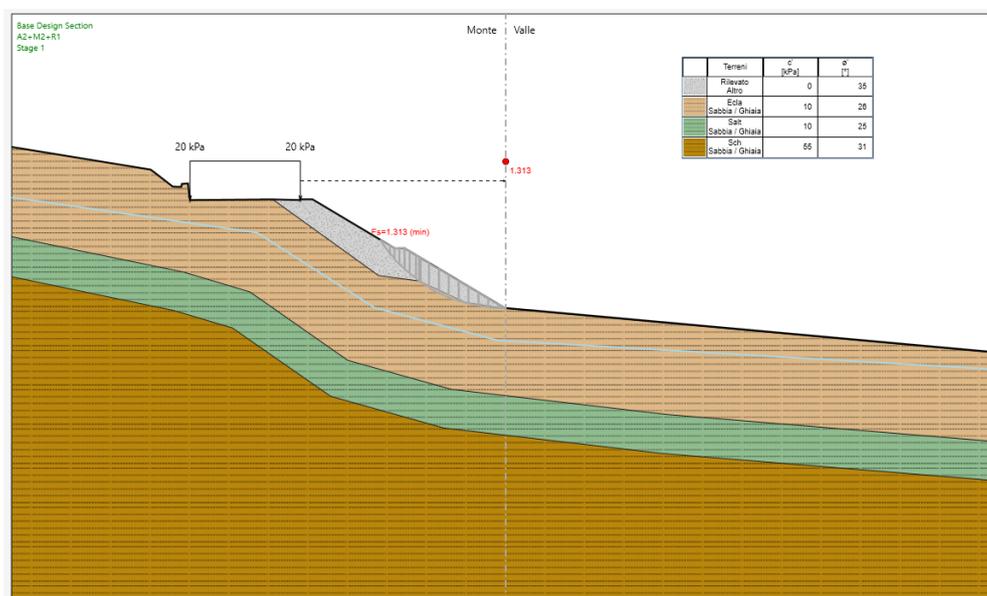
I calcoli sono stati svolti mediante l'ausilio del modulo di Verifica di Stabilità dei Pendii (VSP) del programma PARATIE PLUS.

I principali risultati sono riportati di seguito:

| | F_{min} | R2 |
|---|------------------------|-----------|
| Condizioni Statiche: fase di esercizio accidentale stradale pari a 1.3*20=26 kN/mq | 1.313 | 1.1 |
| Condizioni Sismiche: accidentale stradale sismico pari a 0.0*20=0.0 kN/mq | 1.105 | 1.1 |

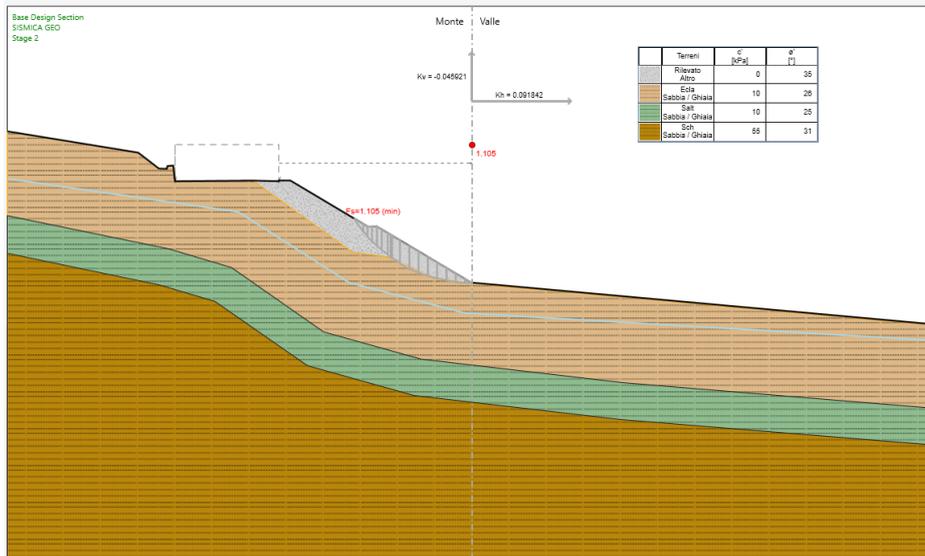
La stratigrafia è indicata nel capitolo di inquadramento geotecnico.

Le superfici di scorrimento critiche sono riportate nelle figure seguenti:



Condizioni Statiche: Fase di esercizio – Superficie Critica di Scorrimento massima

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 31 di 52 |



Condizioni Sismiche: Fase definitiva – Superficie Critica di Scorrimento massima

10. ALLEGATO 1 : TABULATI DI CALCOLO

10.1 MURO IN GABBIONI: H = 3.00 M

VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO: SLE

MacStARS W – Rel. 4.0

 Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls
 Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)
 Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta.....:

Sezione.....:

Località.....:

Pratica.....:

File.....:

Mik_Esercizio_Muro di sostegno.mac

Data.....:

15/07/2020

Verifiche condotte in accordo alla normativa :
NTC 2008
Verifiche di esercizio (SLE)
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI
Terreno : ECLA

Descrizione : Ecla- Deposito eluvio colluviale limoso argillosi

| | | |
|---|--|----------|
| Classe coesione.....: c' Proprietà geomeccaniche | | |
| Coesione.....: [kN/m ²] | | 10.00 |
| Classe d'attrito.....: tan (phi) Proprietà geotecniche | | |
| Angolo d'attrito.....: [°] | | 26.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: [kN/m ³] | | 0.00 |
| Classe di peso.....: Peso terreni | | |
| Peso specifico sopra falda.....: [kN/m ³] | | 19.50 |
| Peso specifico in falda.....: [kN/m ³] | | 20.50 |
| Modulo elastico.....: [kN/m ²] | | 20000.00 |
| Coefficiente di Poisson.....: | | 0.30 |

Terreno : GB

Descrizione : Gabbioni terra mesh

| | | |
|---|--|----------|
| Classe coesione.....: c' Proprietà geomeccaniche | | |
| Coesione.....: [kN/m ²] | | 12.50 |
| Classe d'attrito.....: tan (phi) Proprietà geotecniche | | |
| Angolo d'attrito.....: [°] | | 40.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: [kN/m ³] | | 0.00 |
| Classe di peso.....: Peso terreni | | |
| Peso specifico sopra falda.....: [kN/m ³] | | 19.00 |
| Peso specifico in falda.....: [kN/m ³] | | 20.00 |
| Modulo elastico.....: [kN/m ²] | | 30000.00 |
| Coefficiente di Poisson.....: | | 0.30 |

Terreno : RIL

Descrizione : Rilevato

| | | |
|---|--|----------|
| Classe coesione.....: c' Proprietà geomeccaniche | | |
| Coesione.....: [kN/m ²] | | 0.00 |
| Classe d'attrito.....: tan (phi) Proprietà geotecniche | | |
| Angolo d'attrito.....: [°] | | 35.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: [kN/m ³] | | 0.00 |
| Classe di peso.....: Peso terreni | | |
| Peso specifico sopra falda.....: [kN/m ³] | | 20.00 |
| Peso specifico in falda.....: [kN/m ³] | | 20.00 |
| Modulo elastico.....: [kN/m ²] | | 30000.00 |
| Coefficiente di Poisson.....: | | 0.30 |

Terreno : RIL_STRUTTURALE

Descrizione : Rinterro terra mesh

| | | |
|--|--|-------|
| Classe coesione.....: c' Proprietà geomeccaniche | | |
| Coesione.....: [kN/m ²] | | 0.00 |
| Classe d'attrito.....: tan (phi) Proprietà geotecniche | | |
| Angolo d'attrito.....: [°] | | 35.00 |

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE- BYPASS DI MUCCIA
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia
OPERE D'ARTE MINORI

SP 256 - Muro in terramesh da Pk 3+365 a Pk 3+430 - Relazione di calcolo

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 33 di 52 |

| | | |
|---|-----------------------------------|-----------|
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru) | : | 0.00 |
| Classe di peso | : Peso terreni | |
| Peso specifico sopra falda | [kN/m ³] | 20.00 |
| Peso specifico in falda | [kN/m ³] | 20.00 |
| Modulo elastico | [kN/m ²] | 30000.00 |
| Coefficiente di Poisson | : | 0.30 |
| Terreno : SALT Descrizione : Substrato alterato argilloso limoso | | |
| Classe coesione | : c' Proprietà geomeccaniche | |
| Coesione | [kN/m ²] | 10.00 |
| Classe d'attrito | : tan (phi) Proprietà geotecniche | |
| Angolo d'attrito | [°] | 26.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru) | : | 0.00 |
| Classe di peso | : Peso terreni | |
| Peso specifico sopra falda | [kN/m ³] | 20.00 |
| Peso specifico in falda | [kN/m ³] | 21.00 |
| Modulo elastico | [kN/m ²] | 130000.00 |
| Coefficiente di Poisson | : | 0.30 |
| Terreno : SCH Descrizione : Sch_Formazione dello Schlier | | |
| Classe coesione | : c' Proprietà geomeccaniche | |
| Coesione | [kN/m ²] | 62.00 |
| Classe d'attrito | : tan (phi) Proprietà geotecniche | |
| Angolo d'attrito | [°] | 31.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru) | : | 0.00 |
| Classe di peso | : Peso terreni | |
| Peso specifico sopra falda | [kN/m ³] | 23.00 |
| Peso specifico in falda | [kN/m ³] | 24.00 |
| Modulo elastico | [kN/m ²] | 135000.00 |
| Coefficiente di Poisson | : | 0.30 |

PROFILI STRATIGRAFICI
Strato: 1

Descrizione: Ecla

Terreno : ECLA

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m] |
| 4.80 | 15.58 | 7.81 | 16.12 | 8.46 | 15.45 | 9.09 | 15.46 |
| 10.19 | 16.55 | 11.03 | 16.72 | 13.77 | 18.07 | 20.00 | 20.86 |
| 21.35 | 19.70 | 24.50 | 19.70 | 26.00 | 19.70 | 28.43 | 24.56 |
| 28.55 | 24.60 | 30.41 | 25.43 | 32.69 | 26.43 | 39.54 | 29.43 |
| 41.78 | 30.40 | 43.09 | 30.68 | 43.49 | 30.87 | 45.14 | 30.88 |
| 45.15 | 30.88 | 45.15 | 32.60 | 45.40 | 32.60 | 45.75 | 32.86 |
| 52.94 | 32.70 | 53.36 | 32.70 | 54.28 | 33.63 | 62.16 | 34.23 |
| 66.51 | 34.83 | | | | | | |

Strato: 2

Descrizione: Salt

Terreno : SALT

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m] |
| 4.80 | 5.04 | 11.03 | 7.22 | 13.77 | 8.57 | 19.00 | 10.93 |
| 25.85 | 13.93 | 32.69 | 16.93 | 41.78 | 20.90 | 48.11 | 22.92 |
| 54.28 | 24.13 | 59.56 | 24.89 | 66.51 | 25.34 | | |

Strato: 3

Descrizione: Sch

Terreno : SCH

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m] |
| 4.80 | 0.74 | 11.03 | 2.92 | 13.77 | 4.27 | 19.00 | 6.63 |
| 25.85 | 9.63 | 32.69 | 12.63 | 41.78 | 16.60 | 48.11 | 18.62 |
| 54.28 | 19.83 | 59.56 | 20.59 | 66.51 | 21.04 | | |

PROFILI FALDE FREATICHE
Falda: FALDA

Descrizione:

| X | Y | Y | P | X | Y | Y | P |
|-------|-------|-----|----------------------|-------|-------|-----|----------------------|
| [m] | [m] | [m] | [kN/m ²] | [m] | [m] | [m] | [kN/m ²] |
| 4.80 | 12.24 | | | 11.03 | 14.42 | | |
| 13.77 | 15.77 | | | 19.00 | 18.13 | | |
| 22.24 | 19.05 | | | 26.17 | 19.61 | | |
| 28.53 | 21.76 | | | 30.14 | 22.75 | | |
| 32.69 | 24.13 | | | 41.79 | 27.85 | | |
| 48.04 | 29.81 | | | 54.23 | 31.05 | | |
| 59.55 | 31.75 | | | 66.51 | 32.54 | | |

BLOCCHI RINFORZATI
Blocco : B1

| | | | | | | | |
|------------------------------|-----|-------------------|------|-------|----------------|---|-------|
| Dati principali | [m] | : Larghezza | = | 6.00 | Altezza | = | 0.30 |
| Coordinate Origine | [m] | : Ascissa | = | 19.50 | Ordinata | = | 19.70 |
| Inclinazione paramento | [°] | : | 0.00 | | | | |

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE- BYPASS DI MUCCIA
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia
OPERE D'ARTE MINORI

SP 256 - Muro in terramesh da Pk 3+365 a Pk 3+430 - Relazione di calcolo

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 34 di 52 |

Terreno riempimento gabbioni : GB
 Rilevato strutturale - materiale tipo : Ghiaia
 Rilevato strutturale : RIL_STRUTTURALE
 Terreno di riempimento a tergo : RIL
 Terreno di copertura : RIL_STRUTTURALE
 Terreno di fondazione : ECLA

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione [m] : 1.00
 Inclinazione pendio a valle [°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Mattresses H=0.30 - Width P - 6.0

Lunghezza [m] = 6.00
 Gabbione [m] : Altezza = 0.30 Larghezza = 6.00

Blocco : B2

Dati principali [m] : Larghezza = 6.00 Altezza = 3.00
 Arretramento [m] = 0.50 da B1
 Inclinazione paramento [°] : 10.00

Terreno riempimento gabbioni : GB
 Rilevato strutturale - materiale tipo : Ghiaia
 Rilevato strutturale : RIL_STRUTTURALE
 Terreno di riempimento a tergo : RIL
 Terreno di copertura : RIL
 Terreno di fondazione : GB

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione [m] : 0.30
 Inclinazione pendio a valle [°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza [m] = 6.00
 Gabbione [m] : Altezza = 1.00 Larghezza = 1.00

Profilo di ricopertura:

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 0.00 | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 10.33 | 5.00 | 11.33 | 5.00 |
| 19.67 | 10.00 | 20.92 | 10.00 | 20.92 | 9.93 | 26.15 | 9.85 |
| 32.59 | 9.70 | | | | | | |

CARICHI
Pressione : SOV

Descrizione : Sovraccarico stradale

Classe : Carico

Intensità [kN/m²] = 20.00 Inclinazione [°] = 0.00
 Ascissa [m] : Da = 41.30 To = 52.30

Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione [m/s²] : Orizzontale = 1.00 Verticale = 0.50

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Maccaferri - Mattresses H=0.30 - Width P - 6.0

Carico di rottura Nominale Tr [kN/m] : 50.00
 Rapporto di Scorrimento plastico : 2.00
 Coefficiente di Scorrimento elastico [m³/kN] : 1.10e-04
 Rigidezza estensionale [kN/m] : 500.00
 Lunghezza minima di ancoraggio [m] : 0.15
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) : 1.26
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) : 1.09
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) : 1.09
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) : 1.09
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00
 Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo : 0.30
 Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia : 0.90
 Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia : 0.65
 Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo : 0.50
 Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla : 0.30

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Carico di rottura Nominale Tr [kN/m] : 50.00
 Rapporto di Scorrimento plastico : 2.00
 Coefficiente di Scorrimento elastico [m³/kN] : 1.10e-04
 Rigidezza estensionale [kN/m] : 500.00
 Lunghezza minima di ancoraggio [m] : 0.15

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE- BYPASS DI MUCCIA
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia
OPERE D'ARTE MINORI

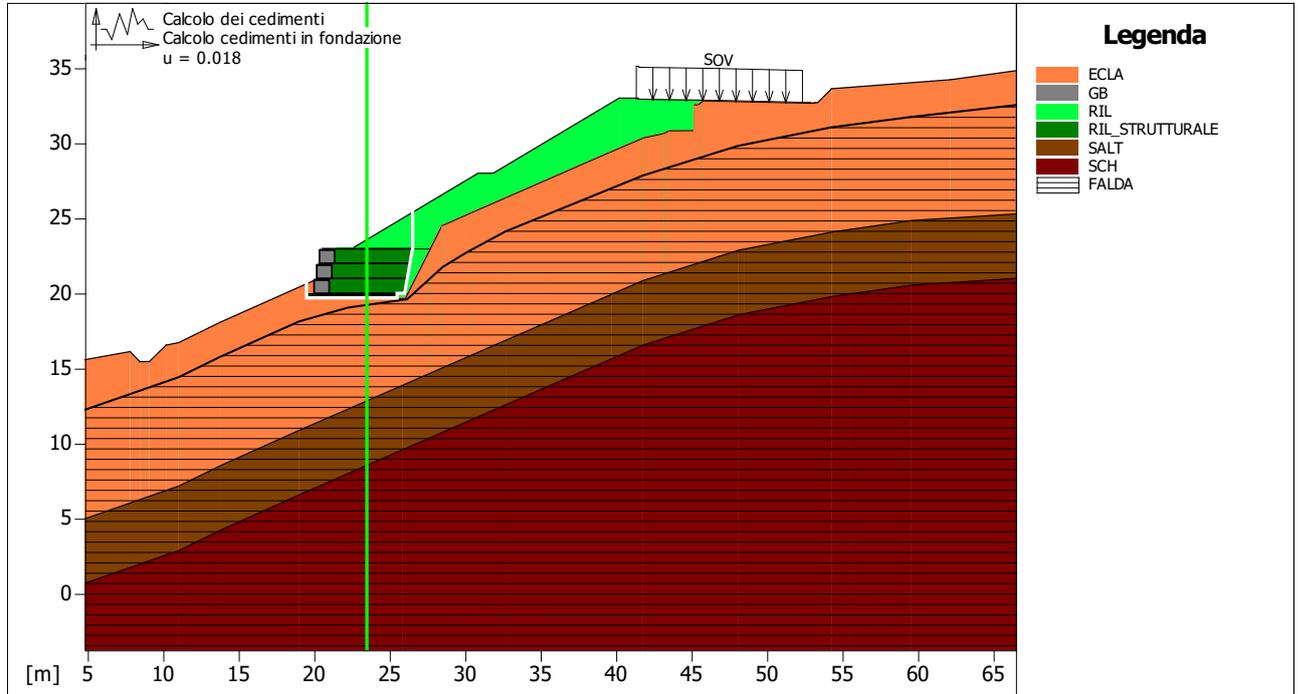
SP 256 - Muro in terramesh da Pk 3+365 a Pk 3+430 - Relazione di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog. | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|---------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 35 di 52 |

| | |
|--|------|
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) | 1.26 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | 1.00 |
| Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo | 0.30 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia | 0.65 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo | 0.50 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla | 0.30 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 36 di 52 |

VERIFICHE



MACCAFERRI

Proposta:

MacStARS W

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

Sezione:

Documento: Mik_Esercizio_Muro di sostegno.mac

Data:
15/07/2020

Pratica:

Calcolo del cedimento :

Combinazione di carico : Calcolo cedimenti in fondazione

Ascissa della verticale di calcolo [m] : 23.50
 Cedimento..... [m] : 0.018

Poligonale che definisce la parte di terreno da considerare come carico

| X [m] | Y [m] |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 19.50 | 20.64 | 19.50 | 19.70 | 25.50 | 19.70 | 25.50 | 20.00 |
| 26.00 | 20.00 | 26.53 | 23.00 | 26.53 | 25.40 | | |

| | |
|---------|---------------------------------|
| Fattore | Classe |
| 1.00 | Carico |
| 1.00 | Sisma |
| 1.00 | tan (phi) Proprietà geotecniche |
| 1.00 | c' Proprietà geomeccaniche |
| 1.00 | Peso terreni |
| 1.00 | Fs Rottura Rinforzi |
| 1.00 | Fs Sfilamento Rinforzi |

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO E SLV

MacStARS W - Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls
 Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)
 Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta.....:

Sezione.....:

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 37 di 52 |

Località:

Pratica:

File:

Mik_A1+M1+R3_Muro di sostegno.mac

Data:

15/07/2020

Verifiche condotte in accordo alla normativa :

 NTC 2008
 _Verifiche di sicurezza (SLU)

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

| | |
|---|--|
| Terreno : ECLA | Descrizione : Ecla- Deposito eluvio colluviale limoso argillosi |
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| Coesione..... | [kN/m ²] : 10.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| Angolo d'attrito..... | [°] : 26.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | : 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole |
| Peso specifico sopra falda..... | [kN/m ³] : 19.50 |
| Peso specifico in falda..... | [kN/m ³] : 20.50 |
| Modulo elastico..... | [kN/m ²] : 20000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | : 0.30 |
| Terreno : GB | Descrizione : Gabbioni terra mesh |
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| Coesione..... | [kN/m ²] : 12.50 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| Angolo d'attrito..... | [°] : 40.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | : 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole |
| Peso specifico sopra falda..... | [kN/m ³] : 19.00 |
| Peso specifico in falda..... | [kN/m ³] : 20.00 |
| Modulo elastico..... | [kN/m ²] : 30000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | : 0.30 |
| Terreno : RIL | Descrizione : Rilevato |
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| Coesione..... | [kN/m ²] : 0.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| Angolo d'attrito..... | [°] : 35.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | : 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole |
| Peso specifico sopra falda..... | [kN/m ³] : 20.00 |
| Peso specifico in falda..... | [kN/m ³] : 20.00 |
| Modulo elastico..... | [kN/m ²] : 30000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | : 0.30 |
| Terreno : RIL_STRUTTURALE | Descrizione : Rinterro terra mesh |
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| Coesione..... | [kN/m ²] : 0.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| Angolo d'attrito..... | [°] : 35.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | : 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole |
| Peso specifico sopra falda..... | [kN/m ³] : 20.00 |
| Peso specifico in falda..... | [kN/m ³] : 20.00 |
| Modulo elastico..... | [kN/m ²] : 30000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | : 0.30 |
| Terreno : SALT | Descrizione : Substrato alterato argilloso limoso |
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| Coesione..... | [kN/m ²] : 10.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| Angolo d'attrito..... | [°] : 26.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | : 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole |
| Peso specifico sopra falda..... | [kN/m ³] : 20.00 |
| Peso specifico in falda..... | [kN/m ³] : 21.00 |
| Modulo elastico..... | [kN/m ²] : 130000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | : 0.30 |
| Terreno : SCH | Descrizione : Sch_Formazione dello Schlier |
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| Coesione..... | [kN/m ²] : 62.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| Angolo d'attrito..... | [°] : 31.00 |

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE- BYPASS DI MUCCIA
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia
OPERE D'ARTE MINORI

SP 256 - Muro in terramesh da Pk 3+365 a Pk 3+430 - Relazione di calcolo

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 38 di 52 |

| | | |
|--|---|-----------|
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru) | : | 0.00 |
| Classe di peso | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole | |
| Peso specifico sopra falda | [kN/m ³] | 23.00 |
| Peso specifico in falda | [kN/m ³] | 24.00 |
| Modulo elastico | [kN/m ²] | 135000.00 |
| Coefficiente di Poisson | : | 0.30 |

PROFILI STRATIGRAFICI
Strato: 1

Terreno : ECLA

Descrizione: Ecla

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m] |
| 4.80 | 15.58 | 7.81 | 16.12 | 8.46 | 15.45 | 9.09 | 15.46 |
| 10.19 | 16.55 | 11.03 | 16.72 | 13.77 | 18.07 | 20.00 | 20.86 |
| 21.35 | 19.70 | 24.50 | 19.70 | 26.00 | 19.70 | 28.43 | 24.56 |
| 28.55 | 24.60 | 30.41 | 25.43 | 32.69 | 26.43 | 39.54 | 29.43 |
| 41.78 | 30.40 | 43.09 | 30.68 | 43.49 | 30.87 | 45.14 | 30.88 |
| 45.15 | 30.88 | 45.15 | 32.60 | 45.40 | 32.60 | 45.75 | 32.86 |
| 52.94 | 32.70 | 53.36 | 32.70 | 54.28 | 33.63 | 62.16 | 34.23 |
| 66.51 | 34.83 | | | | | | |

Strato: 2

Terreno : SALT

Descrizione: Salt

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m] |
| 4.80 | 5.04 | 11.03 | 7.22 | 13.77 | 8.57 | 19.00 | 10.93 |
| 25.85 | 13.93 | 32.69 | 16.93 | 41.78 | 20.90 | 48.11 | 22.92 |
| 54.28 | 24.13 | 59.56 | 24.89 | 66.51 | 25.34 | | |

Strato: 3

Terreno : SCH

Descrizione: Sch

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m] |
| 4.80 | 0.74 | 11.03 | 2.92 | 13.77 | 4.27 | 19.00 | 6.63 |
| 25.85 | 9.63 | 32.69 | 12.63 | 41.78 | 16.60 | 48.11 | 18.62 |
| 54.28 | 19.83 | 59.56 | 20.59 | 66.51 | 21.04 | | |

PROFILI FALDE FREATICHE
Falda: FALDA

Descrizione:

| X | Y | Y | P | X | Y | Y | P |
|-------|-------|-----|----------------------|-------|-------|-----|----------------------|
| [m] | [m] | [m] | [kN/m ²] | [m] | [m] | [m] | [kN/m ²] |
| 4.80 | 12.24 | | | 11.03 | 14.42 | | |
| 13.77 | 15.77 | | | 19.00 | 18.13 | | |
| 22.24 | 19.05 | | | 26.17 | 19.61 | | |
| 28.53 | 21.76 | | | 30.14 | 22.75 | | |
| 32.69 | 24.13 | | | 41.79 | 27.85 | | |
| 48.04 | 29.81 | | | 54.23 | 31.05 | | |
| 59.55 | 31.75 | | | 66.51 | 32.54 | | |

BLOCCHI RINFORZATI
Blocco : B1

| | | | | | | | |
|------------------------------|-----------|-------------------|---|-------|----------------|---|-------|
| Dati principali | [m] | : Larghezza | = | 6.00 | Altezza | = | 0.30 |
| Coordinate Origine | [m] | : Ascissa | = | 19.50 | Ordinata | = | 19.70 |
| Inclinazione paramento | [°] | : 0.00 | | | | | |

| | |
|---|-------------------|
| Terreno riempimento gabbioni | : GB |
| Rilevato strutturale - materiale tipo | : Ghiaia |
| Rilevato strutturale | : RIL_STRUTTURALE |
| Terreno di riempimento a tergo | : RIL |
| Terreno di copertura | : RIL_STRUTTURALE |
| Terreno di fondazione | : ECLA |

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

| | | |
|-----------------------------------|-------|------|
| Affondamento fondazione | [m] : | 1.00 |
| Inclinazione pendio a valle | [°] : | 0.00 |

Rinforzi :

Maccaferri - Mattresses H=0.30 - Width P - 6.0

| | | | | | | | |
|-----------------|-----------|-----------------|------|------|-----------------|---|------|
| Lunghezza | [m] | = | 6.00 | | | | |
| Gabbione | [m] | : Altezza | = | 0.30 | Larghezza | = | 6.00 |

Blocco : B2

| | | | | | | | |
|------------------------------|-----------|-------------------|------------|------|---------------|---|------|
| Dati principali | [m] | : Larghezza | = | 6.00 | Altezza | = | 3.00 |
| Arretramento | [m] | = | 0.50 da B1 | | | | |
| Inclinazione paramento | [°] | : 10.00 | | | | | |

| | |
|---|-------------------|
| Terreno riempimento gabbioni | : GB |
| Rilevato strutturale - materiale tipo | : Ghiaia |
| Rilevato strutturale | : RIL_STRUTTURALE |
| Terreno di riempimento a tergo | : RIL |

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE- BYPASS DI MUCCIA
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia
OPERE D'ARTE MINORI

SP 256 - Muro in terramesh da Pk 3+365 a Pk 3+430 - Relazione di calcolo

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 39 di 52 |

 Terreno di copertura : RIL
 Terreno di fondazione : GB

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

 Affondamento fondazione [m] : 0.30
 Inclinazione pendio a valle [°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

 Lunghezza [m] = 6.00
 Gabbione [m] : Altezza = 1.00 Larghezza = 1.00

Profilo di ricopertura:

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 0.00 | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 10.33 | 5.00 | 11.33 | 5.00 |
| 19.67 | 10.00 | 20.92 | 10.00 | 20.92 | 9.93 | 26.15 | 9.85 |
| 32.59 | 9.70 | | | | | | |

CARICHI
Pressione : SOV

Descrizione : Sovraccarico stradale

Classe : Variabile - sfavorevole

 Intensità [kN/m²] = 20.00 Inclinazione [°] = 0.00
 Ascissa [m] : Da = 41.30 To = 52.30

Sisma :

Classe : Sisma

 Accelerazione [m/s²] : Orizzontale = 1.00 Verticale = 0.50

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Maccaferri - Mattresses H=0.30 - Width P - 6.0

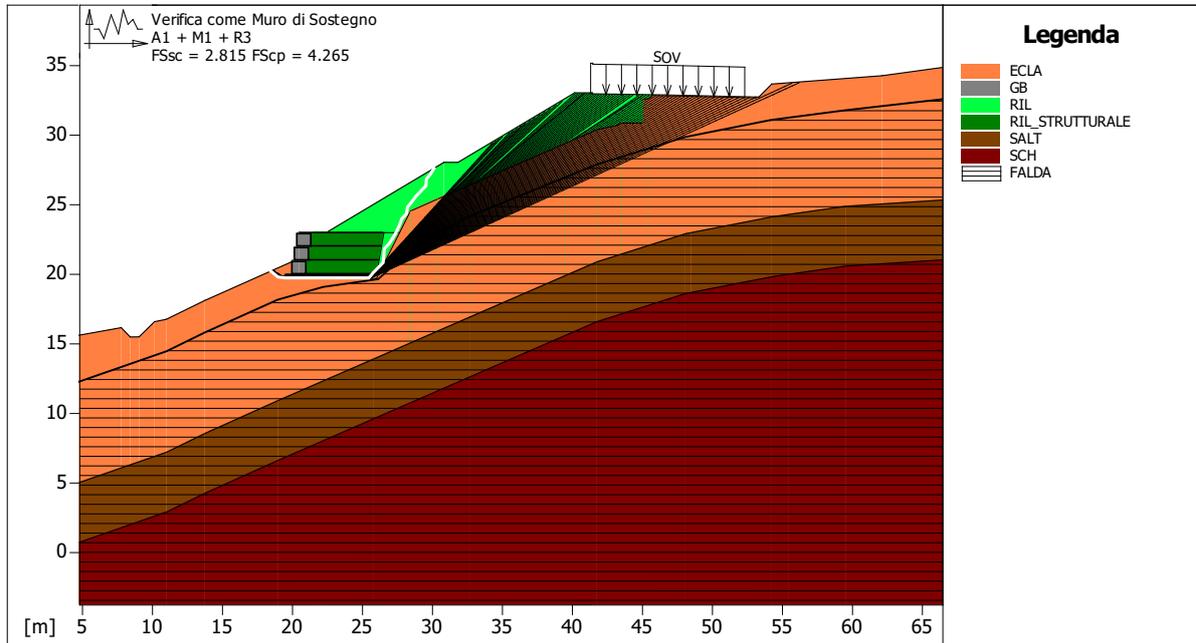
| | |
|---|----------|
| Carico di rottura Nominale Tr [kN/m] : | 50.00 |
| Rapporto di Scorrimento plastico : | 2.00 |
| Coefficiente di Scorrimento elastico [m ² /kN] : | 1.10e-04 |
| Rigidità estensionale [kN/m] : | 500.00 |
| Lunghezza minima di ancoraggio [m] : | 0.15 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) : | 1.26 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) : | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) : | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) : | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo : | 0.30 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia : | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia : | 0.65 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo : | 0.50 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla : | 0.30 |

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

| | |
|---|----------|
| Carico di rottura Nominale Tr [kN/m] : | 50.00 |
| Rapporto di Scorrimento plastico : | 2.00 |
| Coefficiente di Scorrimento elastico [m ² /kN] : | 1.10e-04 |
| Rigidità estensionale [kN/m] : | 500.00 |
| Lunghezza minima di ancoraggio [m] : | 0.15 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) : | 1.26 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) : | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) : | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) : | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo : | 0.30 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia : | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia : | 0.65 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo : | 0.50 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla : | 0.30 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 40 di 52 |

VERIFICHE



MACCAFERRI
MacStARS W
Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

Proposta:

Sezione:

Documento: Mik_A1+M1+R3_Muro di sostegno.mac

Data:
15/07/2020

Pratica:

Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : B1

Forza Stabilizzante [kN/m] 374.36

Forza Instabilizzante [kN/m] 120.91

Classe scorrimento : Coeff. Parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento 2.815

Pressione ultima calcolata con Meyerhof.

Pressione ultima [kN/m²] 641.34

Pressione media agente [kN/m²] 107.42

Classe pressione : Coeff. Parziale R - Capacità portante

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante 4.265

Fondazione equivalente [m] 6.00

Eccentricità forza normale [m] -0.20

Braccio momento [m] 4.40

Forza normale [kN] 644.53

Pressione estremo di valle [kN/m²] 90.18

Pressione estremo di monte [kN/m²] 140.22

| Fattore | Classe |
|---------|--|
| 1.50 | Variabile - sfavorevole |
| 0.00 | Sisma |
| 1.00 | Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Resistenza non drenata |
| 1.30 | Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole |
| 1.00 | Fs Rottura Rinforzi |
| 1.00 | Fs Sfilamento Rinforzi |
| 1.10 | Coeff. Parziale R - Scorrimento |
| 1.40 | Coeff. Parziale R - Capacità portante |

MacStARS W - Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls
Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)
Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 41 di 52 |

Proposta.....:

Sezione.....:

Località.....:

Pratica.....:

File.....:

Mik_EQU+M2+Kh+Kv_Muro di sostegno.mac

Data.....:

15/07/2020

Verifiche condotte in accordo alla normativa :

NTC 2008

_Verifiche di sicurezza (SLU)

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENTI
Terreno : ECLA

Descrizione : Ecla- Deposito eluviale colluviale limoso argillosi

| | | | |
|---|--|----------------------|----------|
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace | | |
| Coesione..... | | [kN/m ²] | 10.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio | | |
| Angolo d'attrito..... | | [°] | 26.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | | | 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole | | |
| Peso specifico sopra falda..... | | [kN/m ³] | 19.50 |
| Peso specifico in falda..... | | [kN/m ³] | 20.50 |
| Modulo elastico..... | | [kN/m ²] | 20000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | | | 0.30 |

Terreno : GB

Descrizione : Gabbioni terra mesh

| | | | |
|---|--|----------------------|----------|
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace | | |
| Coesione..... | | [kN/m ²] | 12.50 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio | | |
| Angolo d'attrito..... | | [°] | 40.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | | | 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole | | |
| Peso specifico sopra falda..... | | [kN/m ³] | 19.00 |
| Peso specifico in falda..... | | [kN/m ³] | 20.00 |
| Modulo elastico..... | | [kN/m ²] | 30000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | | | 0.30 |

Terreno : RIL

Descrizione : Rilevato

| | | | |
|---|--|----------------------|----------|
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace | | |
| Coesione..... | | [kN/m ²] | 0.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio | | |
| Angolo d'attrito..... | | [°] | 35.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | | | 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole | | |
| Peso specifico sopra falda..... | | [kN/m ³] | 20.00 |
| Peso specifico in falda..... | | [kN/m ³] | 20.00 |
| Modulo elastico..... | | [kN/m ²] | 30000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | | | 0.30 |

Terreno : RIL_STRUTTURALE

Descrizione : Rinterro terra mesh

| | | | |
|---|--|----------------------|----------|
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace | | |
| Coesione..... | | [kN/m ²] | 0.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio | | |
| Angolo d'attrito..... | | [°] | 35.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | | | 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole | | |
| Peso specifico sopra falda..... | | [kN/m ³] | 20.00 |
| Peso specifico in falda..... | | [kN/m ³] | 20.00 |
| Modulo elastico..... | | [kN/m ²] | 30000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | | | 0.30 |

Terreno : SALT

Descrizione : Substrato alterato argilloso limoso

| | | | |
|---|--|----------------------|-----------|
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace | | |
| Coesione..... | | [kN/m ²] | 10.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio | | |
| Angolo d'attrito..... | | [°] | 26.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | | | 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole | | |
| Peso specifico sopra falda..... | | [kN/m ³] | 20.00 |
| Peso specifico in falda..... | | [kN/m ³] | 21.00 |
| Modulo elastico..... | | [kN/m ²] | 130000.00 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 42 di 52 |

Coefficiente di Poisson : 0.30

Terreno : SCH Descrizione : Sch_Formazione dello Schlier
 Classe coesione : Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione : [kN/m²] : 62.00
 Classe d'attrito : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
 Angolo d'attrito : [°] : 31.00
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru) : 0.00
 Classe di peso : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
 Peso specifico sopra falda : [kN/m³] : 23.00
 Peso specifico in falda : [kN/m³] : 24.00
 Modulo elastico : [kN/m²] : 135000.00
 Coefficiente di Poisson : 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI

Strato: 1 Descrizione: Ecla
 Terreno : ECLA

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m] |
| 4.80 | 15.58 | 7.81 | 16.12 | 8.46 | 15.45 | 9.09 | 15.46 |
| 10.19 | 16.55 | 11.03 | 16.72 | 13.77 | 18.07 | 20.00 | 20.86 |
| 21.35 | 19.70 | 24.50 | 19.70 | 26.00 | 19.70 | 28.43 | 24.56 |
| 28.55 | 24.60 | 30.41 | 25.43 | 32.69 | 26.43 | 39.54 | 29.43 |
| 41.78 | 30.40 | 43.09 | 30.68 | 43.49 | 30.87 | 45.14 | 30.88 |
| 45.15 | 30.88 | 45.15 | 32.60 | 45.40 | 32.60 | 45.75 | 32.86 |
| 52.94 | 32.70 | 53.36 | 32.70 | 54.28 | 33.63 | 62.16 | 34.23 |
| 66.51 | 34.83 | | | | | | |

Strato: 2 Descrizione: Salt
 Terreno : SALT

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m] |
| 4.80 | 5.04 | 11.03 | 7.22 | 13.77 | 8.57 | 19.00 | 10.93 |
| 25.85 | 13.93 | 32.69 | 16.93 | 41.78 | 20.90 | 48.11 | 22.92 |
| 54.28 | 24.13 | 59.56 | 24.89 | 66.51 | 25.34 | | |

Strato: 3 Descrizione: Sch
 Terreno : SCH

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m] |
| 4.80 | 0.74 | 11.03 | 2.92 | 13.77 | 4.27 | 19.00 | 6.63 |
| 25.85 | 9.63 | 32.69 | 12.63 | 41.78 | 16.60 | 48.11 | 18.62 |
| 54.28 | 19.83 | 59.56 | 20.59 | 66.51 | 21.04 | | |

PROFILI FALDE FREATICHE

Falda: FALDA Descrizione:

| X | Y | Y | P | X | Y | Y | P |
|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-----|----------------------|
| [m] | [m] | [m] | [kN/m ²] | [m] | [m] | [m] | [kN/m ²] |
| 4.80 | 12.24 | 11.03 | | 11.03 | 14.42 | | |
| 13.77 | 15.77 | 19.00 | | 19.00 | 18.13 | | |
| 22.24 | 19.05 | 26.17 | | 26.17 | 19.61 | | |
| 28.53 | 21.76 | 30.14 | | 30.14 | 22.75 | | |
| 32.69 | 24.13 | 41.79 | | 41.79 | 27.85 | | |
| 48.04 | 29.81 | 54.23 | | 54.23 | 31.05 | | |
| 59.55 | 31.75 | 66.51 | | 66.51 | 32.54 | | |

BLOCCHI RINFORZATI

Blocco : B1
 Dati principali [m] : Larghezza = 6.00 Altezza = 0.30
 Coordinate Origine [m] : Ascissa = 19.50 Ordinata = 19.70
 Inclinazione paramento [°] : 0.00

Terreno riempimento gabbioni : GB
 Rilevato strutturale - materiale tipo : Ghiaia
 Rilevato strutturale : RIL_STRUTTURALE
 Terreno di riempimento a tergo : RIL
 Terreno di copertura : RIL_STRUTTURALE
 Terreno di fondazione : ECLA

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione [m] : 1.00
 Inclinazione pendio a valle [°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Mattresses H=0.30 - Width P - 6.0

Lunghezza [m] = 6.00
 Gabbione [m] : Altezza = 0.30 Larghezza = 6.00

Blocco : B2

Dati principali [m] : Larghezza = 6.00 Altezza = 3.00

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE- BYPASS DI MUCCIA
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia
OPERE D'ARTE MINORI

SP 256 - Muro in terramesh da Pk 3+365 a Pk 3+430 - Relazione di calcolo

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 43 di 52 |

 Arretramento [m] = 0.50 da B1
 Inclinazione paramento [°] : 10.00

 Terreno riempimento gabbioni : GB
 Rilevato strutturale - materiale tipo : Ghiaia
 Rilevato strutturale : RIL_STRUTTURALE
 Terreno di riempimento a tergo : RIL
 Terreno di copertura : RIL
 Terreno di fondazione : GB

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

 Affondamento fondazione [m] : 0.30
 Inclinazione pendio a valle [°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

 Lunghezza [m] = 6.00
 Gabbione [m] : Altezza = 1.00 Larghezza = 1.00

Profilo di ricopertura:

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 0.00 | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 10.33 | 5.00 | 11.33 | 5.00 |
| 19.67 | 10.00 | 20.92 | 10.00 | 20.92 | 9.93 | 26.15 | 9.85 |
| 32.59 | 9.70 | | | | | | |

CARICHI
Sisma :

Classe : Sisma

 Accelerazione [m/s²] : Orizzontale = 1.00 Verticale = 0.50

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

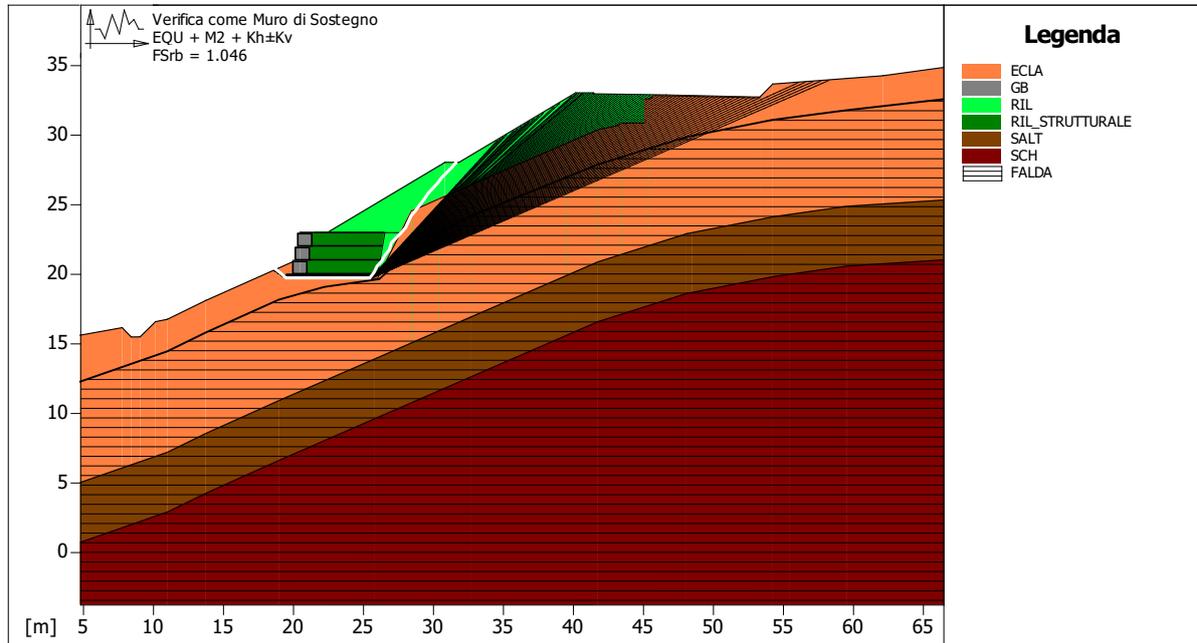
Maccaferri - Mattresses H=0.30 - Width P - 6.0

 Carico di rottura Nominale Tr [kN/m] : 50.00
 Rapporto di Scorrimento plastico : 2.00
 Coefficiente di Scorrimento elastico [m²/kN] : 1.10e-04
 Rigidezza estensionale [kN/m] : 500.00
 Lunghezza minima di ancoraggio [m] : 0.15
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) : 1.26
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) : 1.09
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) : 1.09
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) : 1.09
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00
 Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo : 0.30
 Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia : 0.90
 Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia : 0.65
 Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo : 0.50
 Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla : 0.30

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

 Carico di rottura Nominale Tr [kN/m] : 50.00
 Rapporto di Scorrimento plastico : 2.00
 Coefficiente di Scorrimento elastico [m²/kN] : 1.10e-04
 Rigidezza estensionale [kN/m] : 500.00
 Lunghezza minima di ancoraggio [m] : 0.15
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) : 1.26
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) : 1.09
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) : 1.09
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00
 Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) : 1.09
 Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00
 Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo : 0.30
 Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia : 0.90
 Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia : 0.65
 Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo : 0.50
 Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla : 0.30

VERIFICHE



MACCAFERRI
MacStARS W
 Maccaferri Stability Analysis of
 Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

Proposta:

Sezione:

Documento: Mik_EQU+M2+Kh+Kv_Muro di sostegno.mac

Data:
15/07/2020

Pratica:

Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : B1

Momento Stabilizzante [kN*m/m] : 1997.30

Momento Instabilizzante [kN*m/m] : 1909.30

Classe momento : Coeff. Parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento : 1.046

| | |
|---------|--|
| Fattore | Classe |
| 1.00 | Sisma |
| 1.25 | Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| 1.25 | Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| 1.40 | Coeff. Parziale - Resistenza non drenata |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole |
| 1.00 | Fs Rottura Rinforzi |
| 1.00 | Fs Sfilamento Rinforzi |
| 1.00 | Coeff. Parziale R - Ribaltamento |

MacStARS W - Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls
 Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)
 Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta.....:

Sezione.....:

Località.....:

Pratica.....:

File.....:

Mik_EQU+M2+R1_Muro di sostegno.mac

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 45 di 52 |

Data:

15/07/2020

Verifiche condotte in accordo alla normativa :

NTC 2008

_Verifiche di sicurezza (SLU)

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENTI
Terreno : ECLA

Descrizione : Ecla- Deposito eluvio colluviale limoso argillosi

| | | | |
|---|--|----------------------|----------|
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace | | |
| Coesione..... | | [kN/m ²] | 10.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio | | |
| Angolo d'attrito..... | | [°] | 26.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | | | 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole | | |
| Peso specifico sopra falda..... | | [kN/m ³] | 19.50 |
| Peso specifico in falda..... | | [kN/m ³] | 20.50 |
| Modulo elastico..... | | [kN/m ²] | 20000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | | | 0.30 |

Terreno : GB

Descrizione : Gabbrioni terra mesh

| | | | |
|---|--|----------------------|----------|
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace | | |
| Coesione..... | | [kN/m ²] | 12.50 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio | | |
| Angolo d'attrito..... | | [°] | 40.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | | | 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole | | |
| Peso specifico sopra falda..... | | [kN/m ³] | 19.00 |
| Peso specifico in falda..... | | [kN/m ³] | 20.00 |
| Modulo elastico..... | | [kN/m ²] | 30000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | | | 0.30 |

Terreno : RIL

Descrizione : Rilevato

| | | | |
|---|--|----------------------|----------|
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace | | |
| Coesione..... | | [kN/m ²] | 0.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio | | |
| Angolo d'attrito..... | | [°] | 35.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | | | 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole | | |
| Peso specifico sopra falda..... | | [kN/m ³] | 20.00 |
| Peso specifico in falda..... | | [kN/m ³] | 20.00 |
| Modulo elastico..... | | [kN/m ²] | 30000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | | | 0.30 |

Terreno : RIL_STRUTTURALE

Descrizione : Rinterro terra mesh

| | | | |
|---|--|----------------------|----------|
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace | | |
| Coesione..... | | [kN/m ²] | 0.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio | | |
| Angolo d'attrito..... | | [°] | 35.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | | | 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole | | |
| Peso specifico sopra falda..... | | [kN/m ³] | 20.00 |
| Peso specifico in falda..... | | [kN/m ³] | 20.00 |
| Modulo elastico..... | | [kN/m ²] | 30000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | | | 0.30 |

Terreno : SALT

Descrizione : Substrato alterato argilloso limoso

| | | | |
|---|--|----------------------|-----------|
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace | | |
| Coesione..... | | [kN/m ²] | 10.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio | | |
| Angolo d'attrito..... | | [°] | 26.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | | | 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole | | |
| Peso specifico sopra falda..... | | [kN/m ³] | 20.00 |
| Peso specifico in falda..... | | [kN/m ³] | 21.00 |
| Modulo elastico..... | | [kN/m ²] | 130000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | | | 0.30 |

Terreno : SCH

Descrizione : Sch_Formazione dello Schlier

| | | | |
|---|--|----------------------|-----------|
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace | | |
| Coesione..... | | [kN/m ²] | 62.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio | | |
| Angolo d'attrito..... | | [°] | 31.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | | | 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole | | |
| Peso specifico sopra falda..... | | [kN/m ³] | 23.00 |
| Peso specifico in falda..... | | [kN/m ³] | 24.00 |
| Modulo elastico..... | | [kN/m ²] | 135000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | | | 0.30 |

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE- BYPASS DI MUCCIA
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia
OPERE D'ARTE MINORI

SP 256 - Muro in terramesh da Pk 3+365 a Pk 3+430 - Relazione di calcolo

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 46 di 52 |

PROFILI STRATIGRAFICI
Strato: 1

Terreno : ECLA

Descrizione: Ecla

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m] |
| 4.80 | 15.58 | 7.81 | 16.12 | 8.46 | 15.45 | 9.09 | 15.46 |
| 10.19 | 16.55 | 11.03 | 16.72 | 13.77 | 18.07 | 20.00 | 20.86 |
| 21.35 | 19.70 | 24.50 | 19.70 | 26.00 | 19.70 | 28.43 | 24.56 |
| 28.55 | 24.60 | 30.41 | 25.43 | 32.69 | 26.43 | 39.54 | 29.43 |
| 41.78 | 30.40 | 43.09 | 30.68 | 43.49 | 30.87 | 45.14 | 30.88 |
| 45.15 | 30.88 | 45.15 | 32.60 | 45.40 | 32.60 | 45.75 | 32.86 |
| 52.94 | 32.70 | 53.36 | 32.70 | 54.28 | 33.63 | 62.16 | 34.23 |
| 66.51 | 34.83 | | | | | | |

Strato: 2

Terreno : SALT

Descrizione: Salt

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m] |
| 4.80 | 5.04 | 11.03 | 7.22 | 13.77 | 8.57 | 19.00 | 10.93 |
| 25.85 | 13.93 | 32.69 | 16.93 | 41.78 | 20.90 | 48.11 | 22.92 |
| 54.28 | 24.13 | 59.56 | 24.89 | 66.51 | 25.34 | | |

Strato: 3

Terreno : SCH

Descrizione: Sch

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m] |
| 4.80 | 0.74 | 11.03 | 2.92 | 13.77 | 4.27 | 19.00 | 6.63 |
| 25.85 | 9.63 | 32.69 | 12.63 | 41.78 | 16.60 | 48.11 | 18.62 |
| 54.28 | 19.83 | 59.56 | 20.59 | 66.51 | 21.04 | | |

PROFILI FALDE FREATICHE
Falda: FALDA

Descrizione:

| X | Y | Y | P | X | Y | Y | P |
|-------|-------|-----|----------------------|-------|-------|-----|----------------------|
| [m] | [m] | [m] | [kN/m ²] | [m] | [m] | [m] | [kN/m ²] |
| 4.80 | 12.24 | | | 11.03 | 14.42 | | |
| 13.77 | 15.77 | | | 19.00 | 18.13 | | |
| 22.24 | 19.05 | | | 26.17 | 19.61 | | |
| 28.53 | 21.76 | | | 30.14 | 22.75 | | |
| 32.69 | 24.13 | | | 41.79 | 27.85 | | |
| 48.04 | 29.81 | | | 54.23 | 31.05 | | |
| 59.55 | 31.75 | | | 66.51 | 32.54 | | |

BLOCCHI RINFORZATI
Blocco : B1

 Dati principali [m] : Larghezza = 6.00 Altezza = 0.30
 Coordinate Origine [m] : Ascissa = 19.50 Ordinata = 19.70
 Inclinazione paramento [°] : 0.00

 Terreno riempimento gabbioni : GB
 Rilevato strutturale - materiale tipo : Ghiaia
 Rilevato strutturale : RIL_STRUTTURALE
 Terreno di riempimento a tergo : RIL
 Terreno di copertura : RIL_STRUTTURALE
 Terreno di fondazione : ECLA

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

 Affondamento fondazione [m] : 1.00
 Inclinazione pendio a valle [°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Mattresses H=0.30 - Width P - 6.0

 Lunghezza [m] = 6.00
 Gabbione [m] : Altezza = 0.30 Larghezza = 6.00

Blocco : B2

 Dati principali [m] : Larghezza = 6.00 Altezza = 3.00
 Arretramento [m] = 0.50 da B1
 Inclinazione paramento [°] : 10.00

 Terreno riempimento gabbioni : GB
 Rilevato strutturale - materiale tipo : Ghiaia
 Rilevato strutturale : RIL_STRUTTURALE
 Terreno di riempimento a tergo : RIL
 Terreno di copertura : RIL
 Terreno di fondazione : GB

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

 Affondamento fondazione [m] : 0.30
 Inclinazione pendio a valle [°] : 0.00

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 47 di 52 |

Rinforzi :

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza [m] = 6.00

Gabbione [m] : Altezza = 1.00 Larghezza = 1.00

Profilo di ricopertura:

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 0.00 | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 10.33 | 5.00 | 11.33 | 5.00 |
| 19.67 | 10.00 | 20.92 | 10.00 | 20.92 | 9.93 | 26.15 | 9.85 |
| 32.59 | 9.70 | | | | | | |

CARICHI
Pressione : SOV

Descrizione : Sovraccarico stradale

Classe : Variabile - sfavorevole

 Intensità [kN/m²] = 20.00 Inclinazione [°] = 0.00

Ascissa [m] : Da = 41.30 To = 52.30

Sisma :

Classe : Sisma

 Accelerazione [m/s²] : Orizzontale = 1.00 Verticale = 0.50

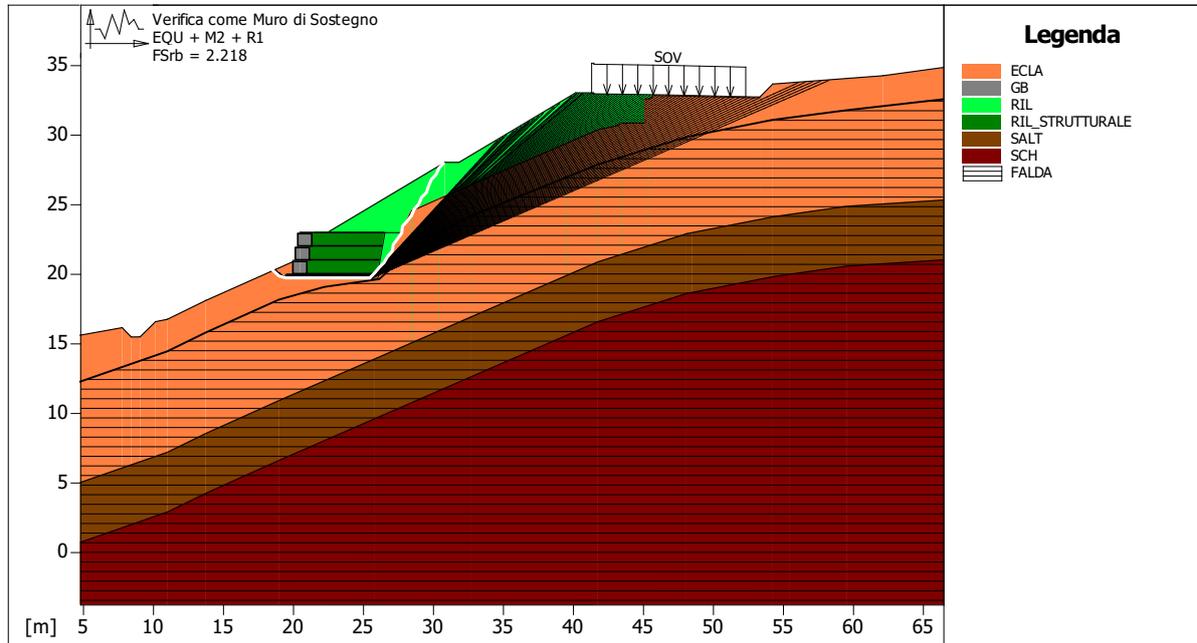
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Maccaferri - Mattresses H=0.30 - Width P - 6.0

| | |
|---|----------|
| Carico di rottura Nominale Tr [kN/m] : | 50.00 |
| Rapporto di Scorrimento plastico : | 2.00 |
| Coefficiente di Scorrimento elastico [m ² /kN] : | 1.10e-04 |
| Rigidezza estensionale [kN/m] : | 500.00 |
| Lunghezza minima di ancoraggio [m] : | 0.15 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) : | 1.26 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) : | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) : | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) : | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo : | 0.30 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia : | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia : | 0.65 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo : | 0.50 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla : | 0.30 |
| Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0 | |
| Carico di rottura Nominale Tr [kN/m] : | 50.00 |
| Rapporto di Scorrimento plastico : | 2.00 |
| Coefficiente di Scorrimento elastico [m ² /kN] : | 1.10e-04 |
| Rigidezza estensionale [kN/m] : | 500.00 |
| Lunghezza minima di ancoraggio [m] : | 0.15 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) : | 1.26 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) : | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) : | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) : | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out : | 1.00 |
| Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo : | 0.30 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia : | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia : | 0.65 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo : | 0.50 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla : | 0.30 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 48 di 52 |

VERIFICHE



MACCAFERRI
MacStARS W
Maccaferri Stability Analysis of
Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

Proposta:

Sezione:

Documento: Mik_EQU+M2+R1_Muro di sostegno.mac

Data:
15/07/2020

Pratica:

Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + R1

Stabilità verificata sul blocco : B1

Momento Stabilizzante [kN*m/m] : 2197.00

Momento Instabilizzante [kN*m/m] : 990.61

Classe momento : Coeff. Parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento : 2.218

| | |
|---------|--|
| Fattore | Classe |
| 1.50 | Variabile - sfavorevole |
| 0.00 | Sisma |
| 1.25 | Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| 1.25 | Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| 1.40 | Coeff. Parziale - Resistenza non drenata |
| 1.10 | Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole |
| 1.00 | Fs Rottura Rinforzi |
| 1.00 | Fs Sfilamento Rinforzi |
| 1.00 | Coeff. Parziale R - Ribaltamento |

MacStARS W - Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls
Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)
Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta.....:

Sezione.....:

Località.....:

Pratica.....:

File.....:

Mik_M1+R3+Kh+Kv_Muro di sostegno.mac

| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 49 di 52 |

Data:

15/07/2020

Verifiche condotte in accordo alla normativa :

NTC 2008

_Verifiche di sicurezza (SLU)

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

| | |
|---|--|
| Terreno : ECLA | Descrizione : Ecla- Deposito eluvio colluviale limoso argillosi |
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| Coesione..... | [kN/m ²] : 10.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| Angolo d'attrito..... | [°] : 26.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | : 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole |
| Peso specifico sopra falda..... | [kN/m ³] : 19.50 |
| Peso specifico in falda..... | [kN/m ³] : 20.50 |
| Modulo elastico..... | [kN/m ²] : 20000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | : 0.30 |
| Terreno : GB | Descrizione : Gabbrioni terra mesh |
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| Coesione..... | [kN/m ²] : 12.50 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| Angolo d'attrito..... | [°] : 40.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | : 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole |
| Peso specifico sopra falda..... | [kN/m ³] : 19.00 |
| Peso specifico in falda..... | [kN/m ³] : 20.00 |
| Modulo elastico..... | [kN/m ²] : 30000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | : 0.30 |
| Terreno : RIL | Descrizione : Rilevato |
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| Coesione..... | [kN/m ²] : 0.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| Angolo d'attrito..... | [°] : 35.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | : 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole |
| Peso specifico sopra falda..... | [kN/m ³] : 20.00 |
| Peso specifico in falda..... | [kN/m ³] : 20.00 |
| Modulo elastico..... | [kN/m ²] : 30000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | : 0.30 |
| Terreno : RIL_STRUTTURALE | Descrizione : Rinterro terra mesh |
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| Coesione..... | [kN/m ²] : 0.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| Angolo d'attrito..... | [°] : 35.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | : 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole |
| Peso specifico sopra falda..... | [kN/m ³] : 20.00 |
| Peso specifico in falda..... | [kN/m ³] : 20.00 |
| Modulo elastico..... | [kN/m ²] : 30000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | : 0.30 |
| Terreno : SALT | Descrizione : Substrato alterato argilloso limoso |
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| Coesione..... | [kN/m ²] : 10.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| Angolo d'attrito..... | [°] : 26.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | : 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole |
| Peso specifico sopra falda..... | [kN/m ³] : 20.00 |
| Peso specifico in falda..... | [kN/m ³] : 21.00 |
| Modulo elastico..... | [kN/m ²] : 130000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | : 0.30 |
| Terreno : SCH | Descrizione : Sch_Formazione dello Schlier |
| Classe coesione..... | : Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| Coesione..... | [kN/m ²] : 62.00 |
| Classe d'attrito..... | : Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| Angolo d'attrito..... | [°] : 31.00 |
| Rapporto di pressione interstiziale (Ru)..... | : 0.00 |
| Classe di peso..... | : Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole |
| Peso specifico sopra falda..... | [kN/m ³] : 23.00 |
| Peso specifico in falda..... | [kN/m ³] : 24.00 |
| Modulo elastico..... | [kN/m ²] : 135000.00 |
| Coefficiente di Poisson..... | : 0.30 |

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE- BYPASS DI MUCCIA
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia
OPERE D'ARTE MINORI

SP 256 - Muro in terramesh da Pk 3+365 a Pk 3+430 - Relazione di calcolo

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 50 di 52 |

PROFILI STRATIGRAFICI
Strato: 1

Terreno : ECLA

Descrizione: Ecla

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m] |
| 4.80 | 15.58 | 7.81 | 16.12 | 8.46 | 15.45 | 9.09 | 15.46 |
| 10.19 | 16.55 | 11.03 | 16.72 | 13.77 | 18.07 | 20.00 | 20.86 |
| 21.35 | 19.70 | 24.50 | 19.70 | 26.00 | 19.70 | 28.43 | 24.56 |
| 28.55 | 24.60 | 30.41 | 25.43 | 32.69 | 26.43 | 39.54 | 29.43 |
| 41.78 | 30.40 | 43.09 | 30.68 | 43.49 | 30.87 | 45.14 | 30.88 |
| 45.15 | 30.88 | 45.15 | 32.60 | 45.40 | 32.60 | 45.75 | 32.86 |
| 52.94 | 32.70 | 53.36 | 32.70 | 54.28 | 33.63 | 62.16 | 34.23 |
| 66.51 | 34.83 | | | | | | |

Strato: 2

Terreno : SALT

Descrizione: Salt

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m] |
| 4.80 | 5.04 | 11.03 | 7.22 | 13.77 | 8.57 | 19.00 | 10.93 |
| 25.85 | 13.93 | 32.69 | 16.93 | 41.78 | 20.90 | 48.11 | 22.92 |
| 54.28 | 24.13 | 59.56 | 24.89 | 66.51 | 25.34 | | |

Strato: 3

Terreno : SCH

Descrizione: Sch

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m] |
| 4.80 | 0.74 | 11.03 | 2.92 | 13.77 | 4.27 | 19.00 | 6.63 |
| 25.85 | 9.63 | 32.69 | 12.63 | 41.78 | 16.60 | 48.11 | 18.62 |
| 54.28 | 19.83 | 59.56 | 20.59 | 66.51 | 21.04 | | |

PROFILI FALDE FREATICHE
Falda: FALDA

Descrizione:

| X | Y | Y | P | X | Y | Y | P |
|-------|-------|-----|----------------------|-------|-------|-----|----------------------|
| [m] | [m] | [m] | [kN/m ²] | [m] | [m] | [m] | [kN/m ²] |
| 4.80 | 12.24 | | | 11.03 | 14.42 | | |
| 13.77 | 15.77 | | | 19.00 | 18.13 | | |
| 22.24 | 19.05 | | | 26.17 | 19.61 | | |
| 28.53 | 21.76 | | | 30.14 | 22.75 | | |
| 32.69 | 24.13 | | | 41.79 | 27.85 | | |
| 48.04 | 29.81 | | | 54.23 | 31.05 | | |
| 59.55 | 31.75 | | | 66.51 | 32.54 | | |

BLOCCHI RINFORZATI
Blocco : B1

 Dati principali [m] : Larghezza = 6.00 Altezza = 0.30
 Coordinate Origine [m] : Ascissa = 19.50 Ordinata = 19.70
 Inclinazione paramento [°] : 0.00

 Terreno riempimento gabbioni : GB
 Rilevato strutturale - materiale tipo : Ghiaia
 Rilevato strutturale : RIL_STRUTTURALE
 Terreno di riempimento a tergo : RIL
 Terreno di copertura : RIL_STRUTTURALE
 Terreno di fondazione : ECLA

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

 Affondamento fondazione [m] : 1.00
 Inclinazione pendio a valle [°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Mattresses H=0.30 - Width P - 6.0

 Lunghezza [m] = 6.00
 Gabbione [m] : Altezza = 0.30 Larghezza = 6.00

Blocco : B2

 Dati principali [m] : Larghezza = 6.00 Altezza = 3.00
 Arretramento [m] = 0.50 da B1
 Inclinazione paramento [°] : 10.00

 Terreno riempimento gabbioni : GB
 Rilevato strutturale - materiale tipo : Ghiaia
 Rilevato strutturale : RIL_STRUTTURALE
 Terreno di riempimento a tergo : RIL
 Terreno di copertura : RIL
 Terreno di fondazione : GB

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

 Affondamento fondazione [m] : 0.30
 Inclinazione pendio a valle [°] : 0.00

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 51 di 52 |

Rinforzi :

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

Lunghezza [m] = 6.00

Gabbione [m] : Altezza = 1.00 Larghezza = 1.00

Profilo di ricopertura:

| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 0.00 | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 10.33 | 5.00 | 11.33 | 5.00 |
| 19.67 | 10.00 | 20.92 | 10.00 | 20.92 | 9.93 | 26.15 | 9.85 |
| 32.59 | 9.70 | | | | | | |

CARICHI
Sisma :

Classe : Sisma

 Accelerazione [m/s²] : Orizzontale = 1.00 Verticale = 0.50

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Maccaferri - Mattresses H=0.30 - Width P - 6.0

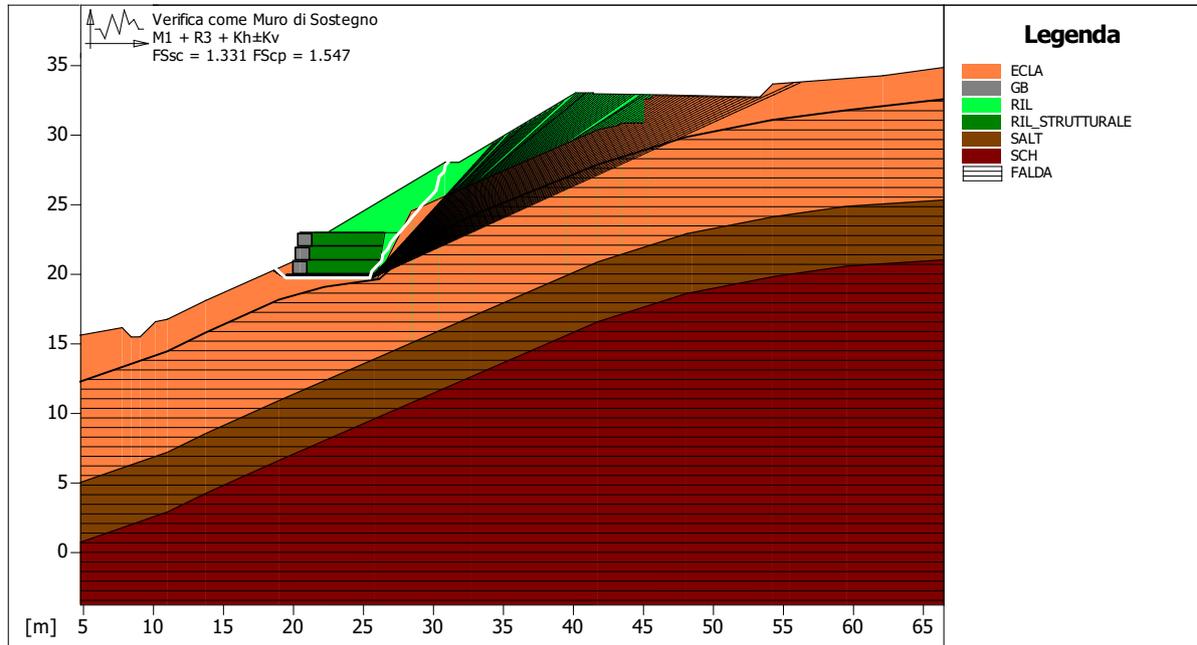
| | | |
|--|----------------------|----------|
| Carico di rottura Nominale Tr | [kN/m] | 50.00 |
| Rapporto di Scorrimento plastico | | 2.00 |
| Coefficiente di Scorrimento elastico | [m ² /kN] | 1.10e-04 |
| Rigidità estensionale | [kN/m] | 500.00 |
| Lunghezza minima di ancoraggio | [m] | 0.15 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) | | 1.26 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) | | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) | | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) | | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo | | 0.30 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia | | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia | | 0.65 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo | | 0.50 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla | | 0.30 |

Maccaferri - Terramesh System - 8/2.7P - 1.0x1.0

| | | |
|--|----------------------|----------|
| Carico di rottura Nominale Tr | [kN/m] | 50.00 |
| Rapporto di Scorrimento plastico | | 2.00 |
| Coefficiente di Scorrimento elastico | [m ² /kN] | 1.10e-04 |
| Rigidità estensionale | [kN/m] | 500.00 |
| Lunghezza minima di ancoraggio | [m] | 0.15 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia) | | 1.26 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia) | | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo) | | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla) | | 1.09 |
| Coefficiente di sicurezza al Pull-out | | 1.00 |
| Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo | | 0.30 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia | | 0.90 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia | | 0.65 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo | | 0.50 |
| Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla | | 0.30 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-----|--------|--------|--------|------|-------------|
| Opera | Tratto | Settore | CEE | WBS | Id.doc | N.prog | Rev. | Pag.di Pag. |
| LO703 | 213 | E | 16 | MU0121 | REL | 01 | B | 52 di 52 |

VERIFICHE



MACCAFERRI
MacStARS W
Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

Proposta:

Sezione:

Documento: Mik_M1+R3+Kh+Kv_Muro di sostegno.mac

Data:
15/07/2020

Pratica:

Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : B1

Forza Stabilizzante [kN/m] 289.48

Forza Instabilizzante [kN/m] 197.75

Classe scorrimento... : Coeff. Parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento 1.331

Pressione ultima calcolata con Meyerhof.

Pressione ultima [kN/m²] 262.82

Pressione media agente [kN/m²] 121.37

Classe pressione... : Coeff. Parziale R - Capacità portante

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante 1.547

Fondazione equivalente [m] 3.88

Eccentricità forza normale [m] 1.06

Braccio momento [m] 5.49

Forza normale [kN] 470.51

Pressione estremo di valle [kN/m²] 161.83

Pressione estremo di monte [kN/m²] 0.00

| Fattore | Classe |
|---------|--|
| 1.00 | Sisma |
| 1.00 | Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Coesione efficace |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Resistenza non drenata |
| 1.00 | Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole |
| 1.00 | Fs Rottura Rinforzi |
| 1.00 | Fs Sfilamento Rinforzi |
| 1.10 | Coeff. Parziale R - Scorrimento |
| 1.40 | Coeff. Parziale R - Capacità portante |