

COMUNE DI PALESTRINA

(Provincia di Roma)



**MESSA IN SICUREZZA DEGLI EDIFICI E DEL TERRITORIO
ARTICOLO 1 COMMA 139 DELLA LEGGE 145 DEL 30
DICEMBRE 2018 E S.M.I.**

**INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA
DELL'EX STAZIONE FERROVIARIA**



PROGETTO DEFINITIVO

Il Responsabile U.T.:

Arch. Daniele Cardoli

Il Progettista:

Ing. Luigi Cipriani

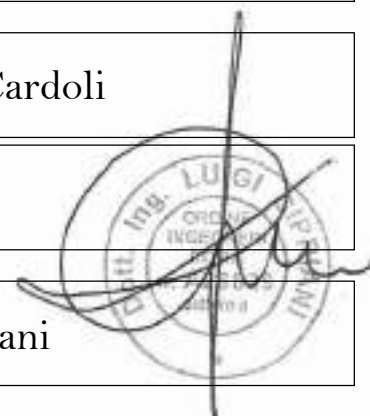


Tavola
D_ST_11_A

**Relazione di calcolo terra armata e
rafforzamento corticale**

Settembre 2022

CIPRIANI INGEGNERIA - Dott. Ing. Luigi Cipriani
Via delle Colombe 2F, 00024 Castel Madama (Roma)
pec. luigi.cipriani@pec.ording.roma.it



1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

2 RICHIAMI TEORICI

Calcolo della spinta sulla parete

Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite le NTC 2018 è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi permanenti e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e lasciati inalterati i carichi.

Operando in tal modo si ottengono valori delle spinte (azioni) maggiorate e valori di resistenza ridotti e pertanto nelle verifiche globali è possibile fare riferimento a coefficienti di sicurezza unitari.

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 masso 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 ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

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 derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h . In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità:

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata:

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

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

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

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi. Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifiche

Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r .

Deve quindi essere verificata la seguente disuguaglianza

$$M_s / M_r \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante. Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s

$$F_r / F_s \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_f la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \tan \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$Q_u / R \geq \eta_q$$

Terzaghi ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = cN_c s_c + qN_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma$$

La simbologia adottata è la seguente:

c	coesione del terreno in fondazione;
ϕ	angolo di attrito del terreno in fondazione;
γ	peso di volume del terreno in fondazione;
B	larghezza della fondazione;
D	profondità del piano di posa;
q	pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

$$N_q = \frac{e^{2(0.75\pi - \phi/2)\tan(\phi)}}{2\cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$N_c = (N_q - 1)\tan\phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan\phi}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\phi} - 1 \right)$$

I fattori di forma s_c e s_γ che compaiono nella espressione di q_u dipendono dalla forma della fondazione. In particolare valgono 1 per fondazioni nastriformi o rettangolari allungate e valgono rispettivamente 1.3 e 0.8 per fondazioni quadrate.

Il termine $K_{p\gamma}$ che compare nell'espressione di N_γ non ha un'espressione analitica. Pertanto si assume per N_γ l'espressione proposta da Vesic

$$N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\phi$$

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{c_i b_i}{\cos\alpha_i} + [W_i \cos\alpha_i - u_i] \tan\phi_i \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin\alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia. Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i / \cos\alpha_i$). Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Verifiche interne

Le verifiche interne riguardano la determinazione del non superamento delle resistenze date dai rinforzi per i meccanismi di:

- scorrimento diretto;
- sfilamento;
- resistenza a trazione.

Con S verrà indicata la spinta agente alla quota del rinforzo considerato.

La verifica a scorrimento diretto consiste nell'assicurare una lunghezza del rinforzo tale da scongiurare lo scivolamento del blocco di terra armata al di sopra del rinforzo stesso. La resistenza allo scorrimento lungo un elemento di rinforzo è data dalla seguente espressione:

$$\tau_{\text{scor}} = \sigma'_v f_{ds} \tan \phi'$$

con f_{ds} coeff. di resistenza allo scorrimento.

In termini di forza si ha:

$$T_{\text{scor}} = L_{\text{scor}} \times B \times \tau_{\text{scor}}$$

L_{scor} : Lunghezza del rinforzo;

B: Larghezza del rinforzo (pari ad 1 metro).

La verifica è soddisfatta se:

$$T_{\text{scor}}/S \geq F_{S_{\text{scor}}}$$

La verifica a sfilamento consiste nell'assicurare una lunghezza del rinforzo tale da scongiurare lo sfilamento del rinforzo dalla terra armata. La resistenza allo sfilamento lungo un elemento di rinforzo è data dalla seguente espressione:

$$\tau_{\text{sfil}} = \sigma'_v \times f_{po} \times \tan \phi'$$

con f_{po} coeff. di resistenza allo sfilamento.

In termini di forza si ha:

$$T_{\text{sfil}} = L_{\text{sfil}} \times B \times 2 \tau_{\text{sfil}}$$

L_{sfil} : Lunghezza del rinforzo;

B: Larghezza del rinforzo (pari ad 1 metro).

La verifica è soddisfatta se:

$$T_{\text{sfil}}/S \geq F_{S_{\text{sfil}}}$$

La verifica a trazione consiste nell'assicurare che la tensione nel rinforzo non superi quella ammissibile. La verifica è soddisfatta se:

$$P / T \geq F_{S_{\text{traz}}}$$

con P resistenza ammissibile impiegata per il dimensionamento:

$$P = LTDS / (F_{S_{\text{giunzione}}} \times F_{S_{\text{chimico}}} \times F_{S_{\text{biologico}}} \times F_{S_{\text{danni ambientali}}})$$

LTDS: resistenza di progetto a lungo termine;

T: sforzo agente nel rinforzo.

La *verifica del risvolto* consiste nel prevenire spancamenti della facciata. La resistenza allo scorrimento del risvolto è data dalla seguente espressione:

$$\tau_{\text{scor,risv}} = \sigma'_v f_{ds} \tan \phi'$$

con f_{ds} coeff. di resistenza allo scorrimento.

In termini di forza si ha:

$$T_{\text{scor,risv}} = L_{\text{risv}} \times B \times \tau_{\text{scor,risv}}$$

L_{risv} : Lunghezza del rinforzo;

B: Larghezza del rinforzo (pari ad 1 metro).

La verifica è soddisfatta se:

$$T_{\text{scor,risv}}/S \geq F_{S_{\text{scor}}}$$

Verifiche composte

Le verifiche composte riguardano la ricerca dei cinematismi di rottura che riguardano l'insieme terreno rinforzi. Il programma analizza delle famiglie di superfici circolari.

Il calcolo del fattore di sicurezza della superficie circolare è effettuato con il metodo delle strisce tenendo conto del contributo di resistenza dei rinforzi contenuti.

3 DATI

Normativa

Spinte e verifiche secondo: N.T.C. 2018

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_{c'}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_1	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

3.1 COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE COMBINAZIONI STATICHE

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		EQU	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.30	1.00
Permanenti NS	Favorevole	γ_{Gfav}	0.80	0.80	0.80
Permanenti NS	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.50	1.30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.50	1.30
Variabili TF	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili TF	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.35	1.15

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_1	1.00	1.00

3.2 COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE COMBINAZIONI SISMICHE

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		EQU	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_1	1.00	1.00

3.3 VERIFICHE ESTERNE - COEFFICIENTI PARZIALI GR PER LE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI STR E GEO

	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00	1.40
Stabilità globale		1.10	

3.4 VERIFICHE INTERNE - COEFFICIENTI DI SICUREZZA RICHIESTI

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento dei rinforzi	1.50
Coefficiente di sicurezza allo sfilamento del rinforzo	3.00
Coefficiente di sicurezza alla trazione del rinforzo	1.30
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento del risvolto	1.30

Verifiche compound - Coefficienti di sicurezza richiesti

Coefficiente di sicurezza alla stabilità locale	1.30
Coefficiente di sicurezza alla stabilità locale sismica	1.30

3.5 CONDIZIONI DI CARICO

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per x=X _i espressa in [kN/m]
Q _f	Intensità del carico per x=X _f espressa in [kN/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato
Ψ ₀ , Ψ ₁ , Ψ ₂	Coefficienti di combinazione

Condizione n° 1 - Condizione 1 * VARIABILE - (Condizione 1)

Carichi distribuiti

X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN/m]	Q _f [kN/m]
0,00	22,00	20,00	20,00

Coeff. di combinazione

Ic	Descrizione	Ψ ₀	Ψ ₁	Ψ ₂
1	Condizione 1	0.70	0.50	0.30

3.6 DATI PARAMETRI SISMA

Identificazione del sito

Latitudine 41.835367

Longitudine 12.884538

Comune Palestrina

Provincia Roma

Regione Lazio

Punti di interpolazione del reticolo 28740 - 28518 - 28517 - 28739

Tipo di opera

Tipo di costruzione Opera ordinaria

Vita nominale 50 anni

Classe d'uso II - Normali affollamenti e industrie non pericolose

Vita di riferimento	50 anni	Descrizione	Simbolo	Tipo	SLU	SLE	U.M.
Accelerazione al suolo			a _g		1.65	0.71	[m/s ²]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale			F ₀		2.48	2.48	
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante			T _c *		0.29	0.28	[s]
Tipo di sottosuolo e Coefficiente stratigrafico			S _s	C	1.45	1.50	
Categoria topografica e Coefficiente amplificazione topografica			S _T	T2	1.20	1.20	
Coefficiente di riduzione			β _m		0.38	0.47	

Intensità sismica Verticale/Orizzontale 0.50

Forma diagramma incremento sismico Stessa forma diagramma statico

Opzioni di calcolo

Le verifiche di capacità portante sono state eseguite con il metodo di TERZAGHI.
 Le verifiche di stabilità globale e di compound sono state eseguite con il metodo di FELLENIUS.
 Per le verifiche interne sono stati analizzati i meccanismi:
 - rottura planare
 - rottura doppio cuneo
 - rottura superficie curvilinea (Spirale logaritmica)

3.7 DESCRIZIONE COMBINAZIONI DI CARICO

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - SLU (Approccio 2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.30	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	1.00	Sfavorevole
Condizione 1	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - EQU

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Favorevole
Spinta terreno	1.30	1.00	Sfavorevole
Condizione 1	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - EQU - Sisma Vert. positivo

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Favorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - EQU - Sisma Vert. negativo

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Favorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - STAB

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 1	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - STAB - Sisma Vert. positivo

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - STAB - Sisma Vert. negativo

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. negativo

Condizione	γ	Ψ	Effetto
------------	----------	--------	---------

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLE (Rara)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLE (Frequente)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.50	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLE (Quasi Permanente)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. positivo

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno: PIETRISCO Descrizione : Pietrisco per gabbioni
 Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione.....[kN/m²].....: 0.00
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
 Angolo d'attrito.....[°].....: 38.00
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 20.00
 Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00
 Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno: RILEVATO Descrizione : Rilevato strututrale
 Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione.....[kN/m²].....: 0.30
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
 Angolo d'attrito.....[°].....: 35.00
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 18.00
 Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 18.00
 Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : TERRENO Descrizione : Unità litologica
 Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione.....[kN/m²].....: 12.00
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 30.00
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 15.00
 Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 15.00

 Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

4.1 PROFILI STRATIGRAFICI

Strato: STRATO A

Descrizione:

Terreno : TERRENO

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
0.00	0.00	5.00	0.00	11.40	6.00	32.00	6.00
44.00	12.00	34.00	9.00	44.00	12.00		

5 CARATTERISTICHE TERRA RINFORZATA

5.1 BLOCCHI RINFORZATI

Blocco : TM 4.5

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 4.50 Altezza.....= 2.19
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 0.00 Ordinata.....= 0.00
 Inclinazione paramento.....[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
 Rilevato strutturale.....: RILEVATO
 Terreno di riempimento a tergo.....: TERRENO
 Terreno di copertura.....: TERRENO
 Terreno di fondazione.....: TERRENO

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.30
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 65.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Lunghezza.....[m].....= 4.50

Interasse.....[m].....= 0.73

Risvolto.....[m].....= 0.65

Blocco : TM 3.0

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 3.00 Altezza.....= 3.65

Arretramento.....[m].....= 0.00 da TM 4.5

Inclinazione paramento.....[°].....: 25.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
 Rilevato strutturale.....: RILEVATO
 Terreno di riempimento a tergo.....: TERRENO
 Terreno di copertura.....: TERRENO

Terreno di fondazione.....: TERRENO

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

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00

Inclinazione pendio a valle.....[°] : 60.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Lunghezza.....[m] = 3.00

Interasse.....[m] = 0.73

Risvolto.....[m] = 0.65

Linear Composites - ParaDrain - 100_Seismic

Lunghezza.....[m] = 3.00

Interasse verticale.....[m] = 0.00

Offset.....[m] = 0.00

5.2 CARICHI

Pressione: ACC

Descrizione: Carico accidentale

Classe: Variabile - sfavorevole

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

Ascissa.....[m] : Da = 6.00 To = 32.00

Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s²] : Orizzontale..... = 1.07 Verticale..... = 0.54

5.3 PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Linear Composites - ParaDrain - 100_Seismic

Carico di rottura Nominale Tr[kN/m] : 100.00

Lunghezza minima di ancoraggio.....[m] : 0.15

Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... : 1.11

Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... : 1.10

Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... : 1.10

Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... : 1.10

Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo : 0.17

Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia..... : 0.90

Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia..... : 0.90

Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo..... : 0.60

Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla..... : 0.50

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Carico di rottura Nominale Tr[kN/m] : 50.00

Lunghezza minima di ancoraggio.....[m] : 0.15

Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... : 1.26

Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... : 1.09

Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... : 1.09

Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... : 1.09

Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo : 0.30

Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia..... : 0.90

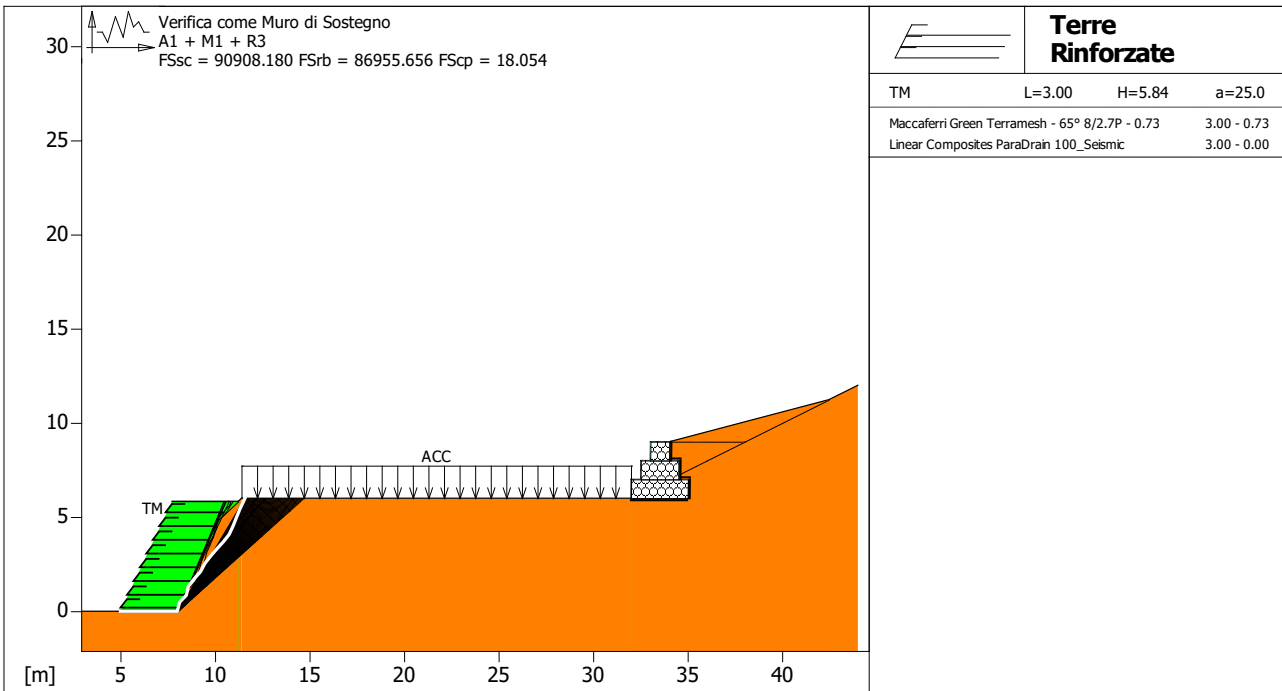
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia..... : 0.65

Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo..... : 0.50

Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....: 0.30

6 VERIFICHE

6.1 Verifica come muro di sostegno: Combinazione di carico A1 + M1 + R3 – LATO RAMPA



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : TM

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 218.07

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: -8.20

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....:90908.180

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 902.43

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: -86.47

Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....:86955.656

Pressione ultima calcolata con Brinch Hansen.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 2656.91

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 105.12

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 18.054

Fondazione equivalente.....[m].....: 3.00

Eccentricità forza normale.....[m].....: -1.64

Braccio momento.....[m].....: 10.54

Forza normale.....[kN].....: 315.36

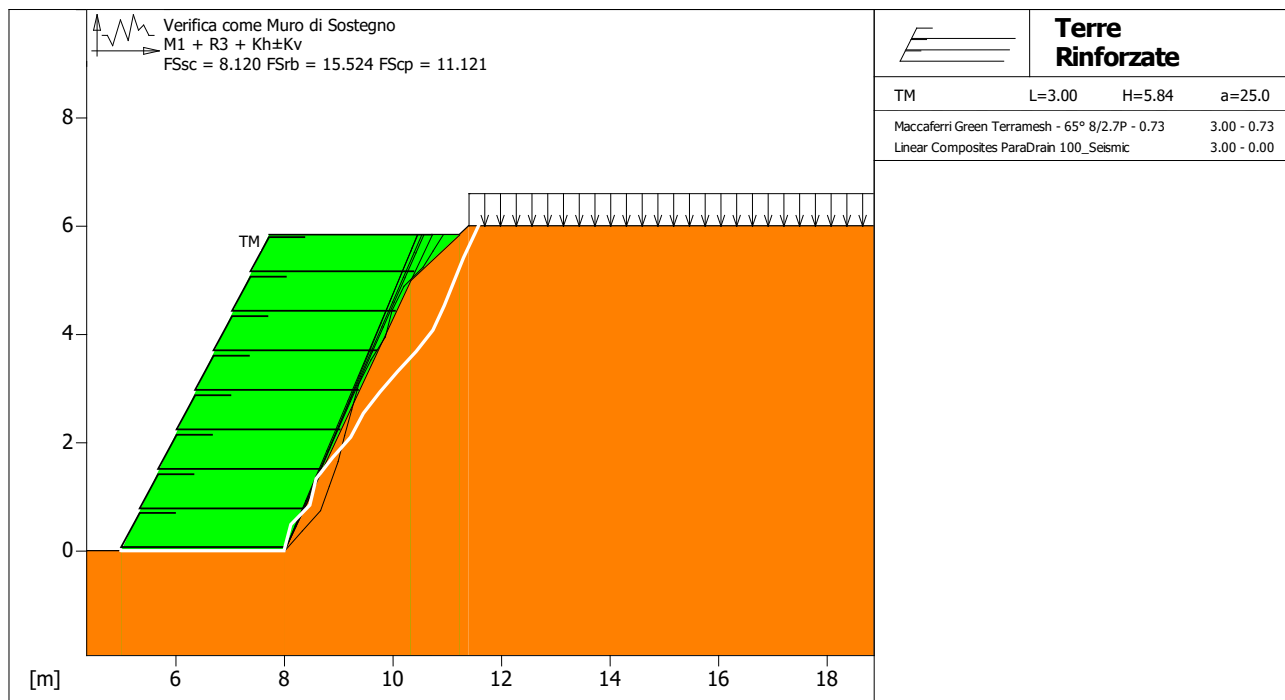
Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....:-43120.45

Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....:40798.20

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
0.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
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
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento

6.2 Verifica come muro di sostegno: Combinazione di carico M1 + R3 + Kh±Kv – LATO RAMPA



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : TM

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 208.06

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 25.62

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 8.120

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 902.43

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 58.13

Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 15.524

Pressione ultima calcolata con Brinch Hansen.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 1325.74

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 99.34

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 11.121

Fondazione equivalente.....[m].....: 3.00

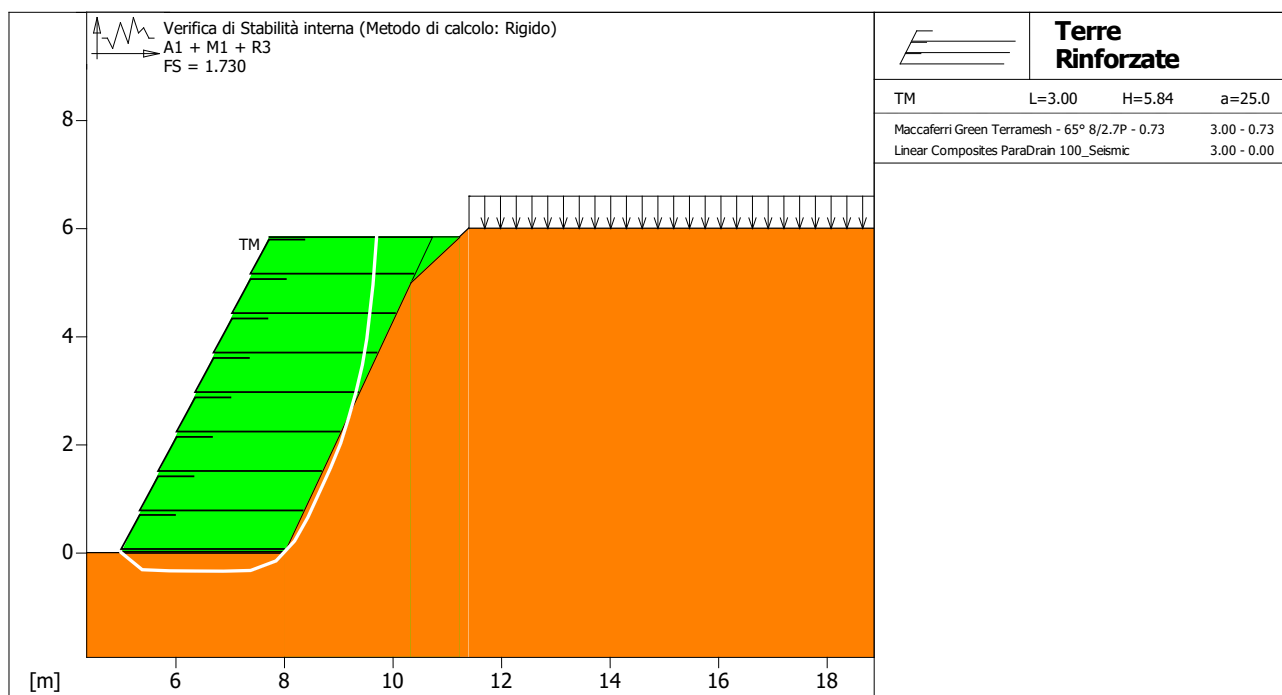
Eccentricità forza normale.....[m].....: -1.33

Braccio momento.....[m].....: 2.27

Forza normale[kN].....: 298.02
 Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....:-20500.92
 Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....:22286.54

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
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 - Scorrimento
1.20	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

6.3 Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico: A1 + M1 + R3 – LATO RAMPA



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.730

Blocco	Intervallo di ricerca delle superfici	
	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
TM	Primo punto	Secondo punto
	5.00	12.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
Numero totale superfici di prova.....:	100	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	0.50	

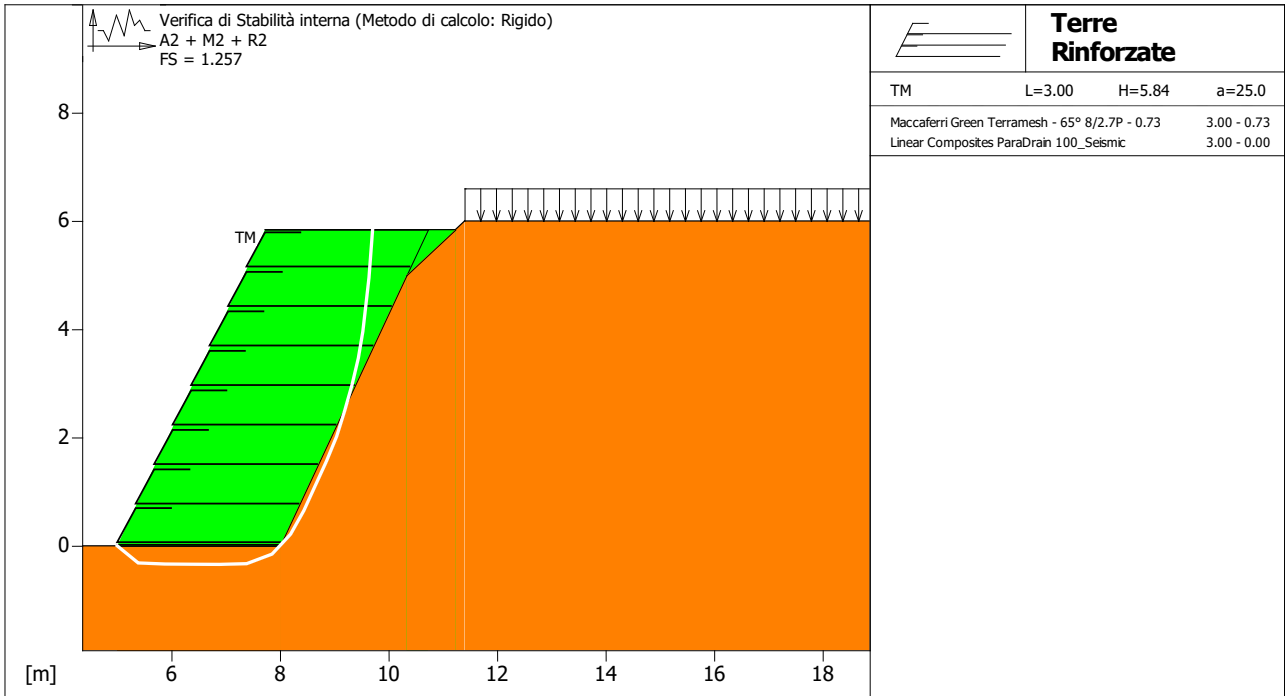
Angolo limite orario.....[°].....: 0.00
Angolo limite antiorario.....[°].....: 0.00

Blocco : TM
Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
3.650	50.0	11.4	11.4	4.39	1.00
4.380	50.0	15.5	15.5	3.23	1.00
5.110	50.0	12.1	12.1	4.13	1.00

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
0.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.30	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R – Stabilità

6.4 Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico A2 + M2 + R2 – LATO RAMPA



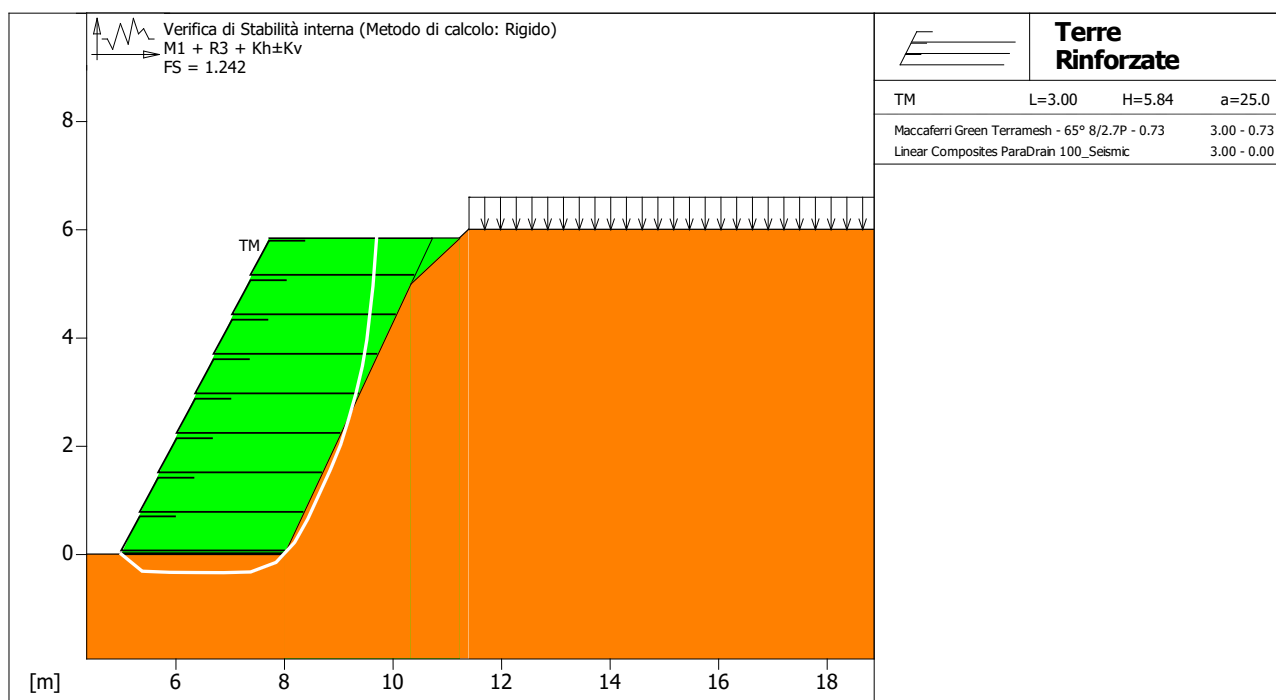
Verifica di stabilità interna :
Combinazione di carico : A2 + M2 + R2
Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu
Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.257

Blocco TM	Intervallo di ricerca delle superfici	
	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto 5.00	Secondo punto 12.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
Numero totale superfici di prova.....:	100	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00	

Blocco : TM					
Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73					
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
3.650	50.0	11.4	11.4	4.39	1.00
4.380	50.0	15.5	15.5	3.23	1.00
5.110	50.0	12.1	12.1	4.13	1.00

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
0.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
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 – Stabilità

6.5 Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico M1 + R3 + Kh±Kv – LATO RAMPA



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.242

Blocco TM	Intervallo di ricerca delle superfici	
	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto 5.00	Secondo punto 12.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
Numero totale superfici di prova.....:	100	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00	

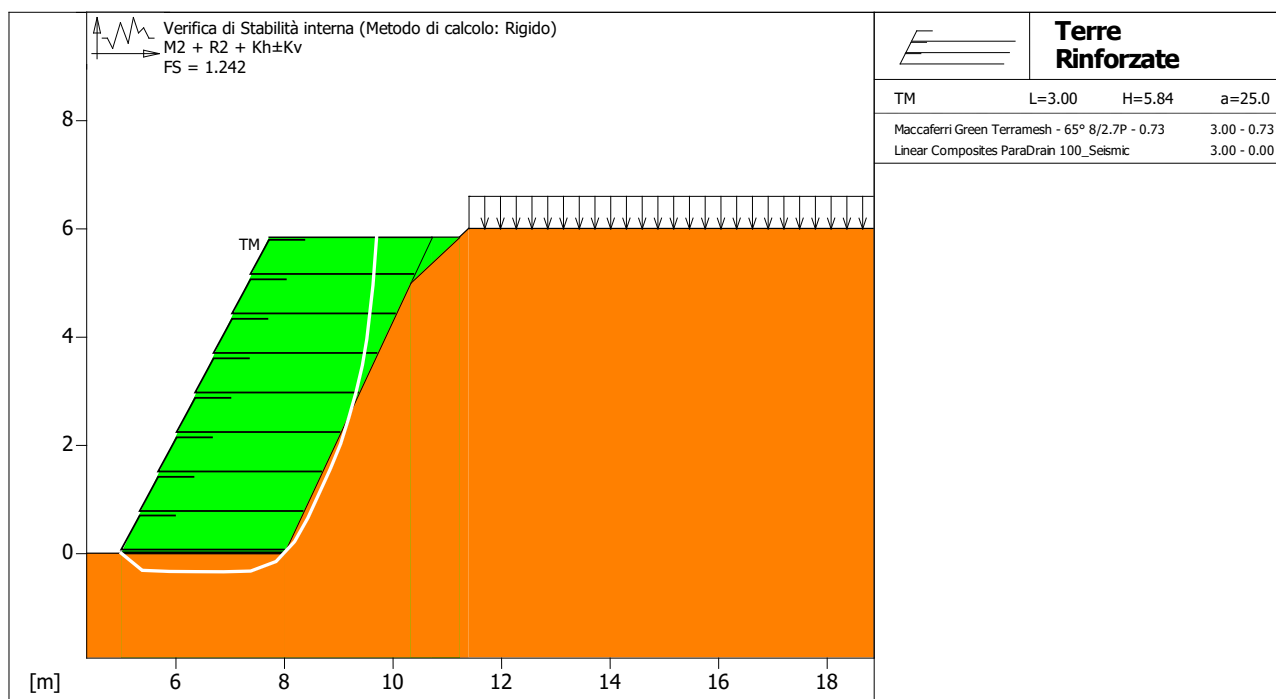
Blocco : TM

Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
3.650	50.0	11.4	11.4	4.39	1.00
4.380	50.0	15.5	15.5	3.23	1.00
5.110	50.0	12.1	12.1	4.13	1.00

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità

6.6 Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico M2 + R2 + Kh±Kv – LATO RAMPA



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.242

Blocco TM	Intervallo di ricerca delle superfici Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto 5.00	Secondo punto 12.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
Numero totale superfici di prova.....:	100	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00	

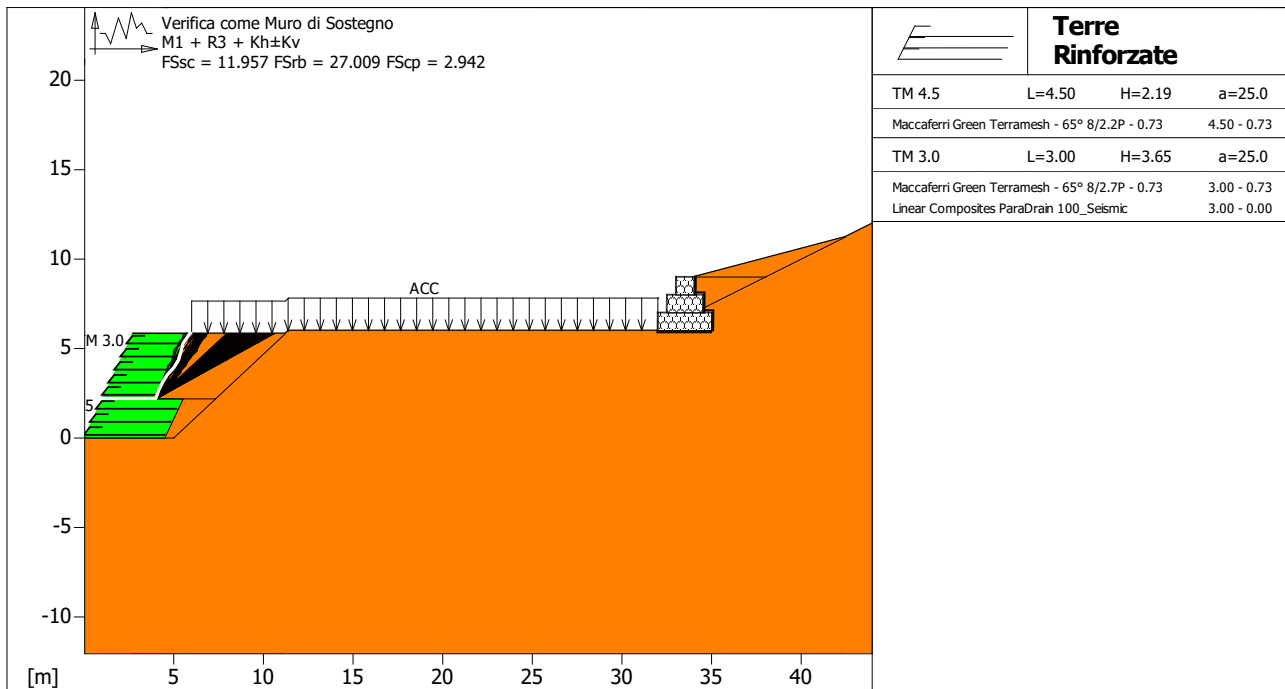
Blocco : TM
Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.7P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
3.650	50.0	11.4	11.4	4.39	1.00
4.380	50.0	15.5	15.5	3.23	1.00
5.110	50.0	12.1	12.1	4.13	1.00

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità

6.7 Verifica come muro di sostegno: Combinazione di carico A1 + M1 + R3 – SEZ. TIPO



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : TM 3.0

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 131.32

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 10.98

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 11.957

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 463.38

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 17.16

Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 27.009

Pressione ultima calcolata con Brinch Hansen.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 219.15

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 62.07

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 2.942

Fondazione equivalente.....[m].....: 3.00

Eccentricità forza normale.....[m].....: -0.90

Braccio momento.....[m].....: 1.56

Forza normale.....[kN].....: 186.26

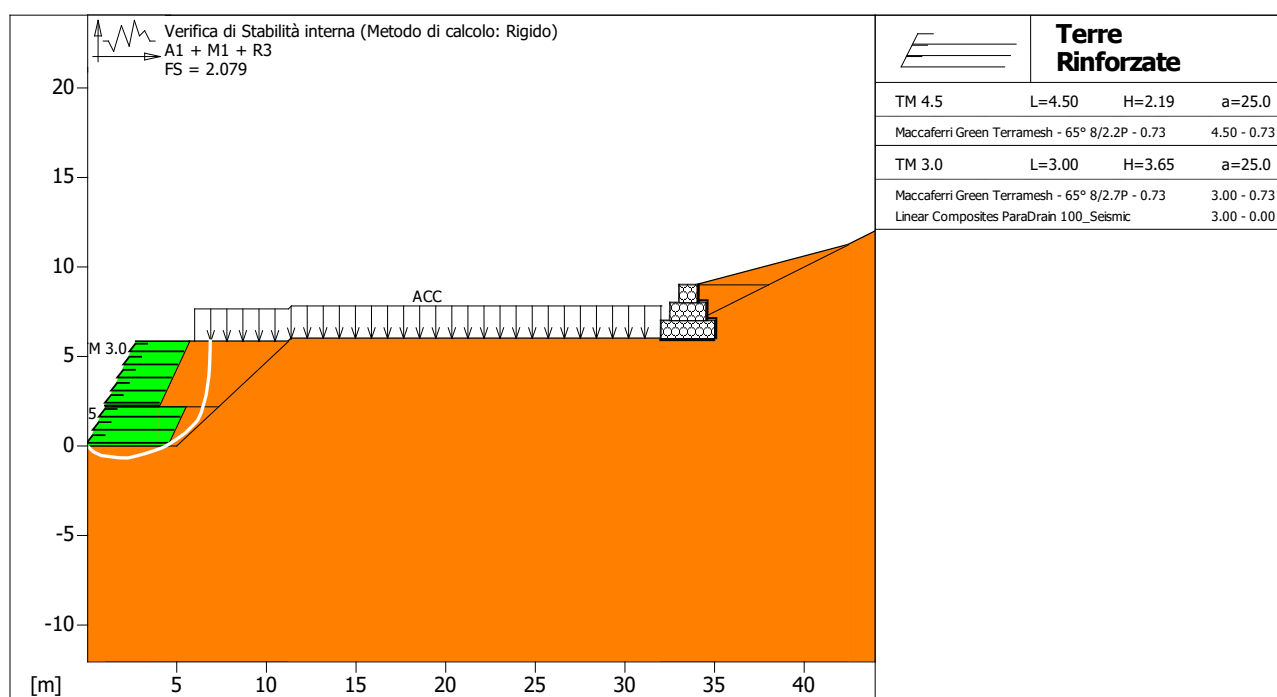
Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....: -529.34

Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 837.17

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
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 - Scorrimento
1.20	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

6.8 Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico: A1 + M1 + R3 – SEZ. TIPO

6.8.1 Blocco TM 3.0



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 2.079

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco
TM 3.0

Segmento di arrivo, ascisse [m]

Primo punto
0.00

Secondo punto
12.00

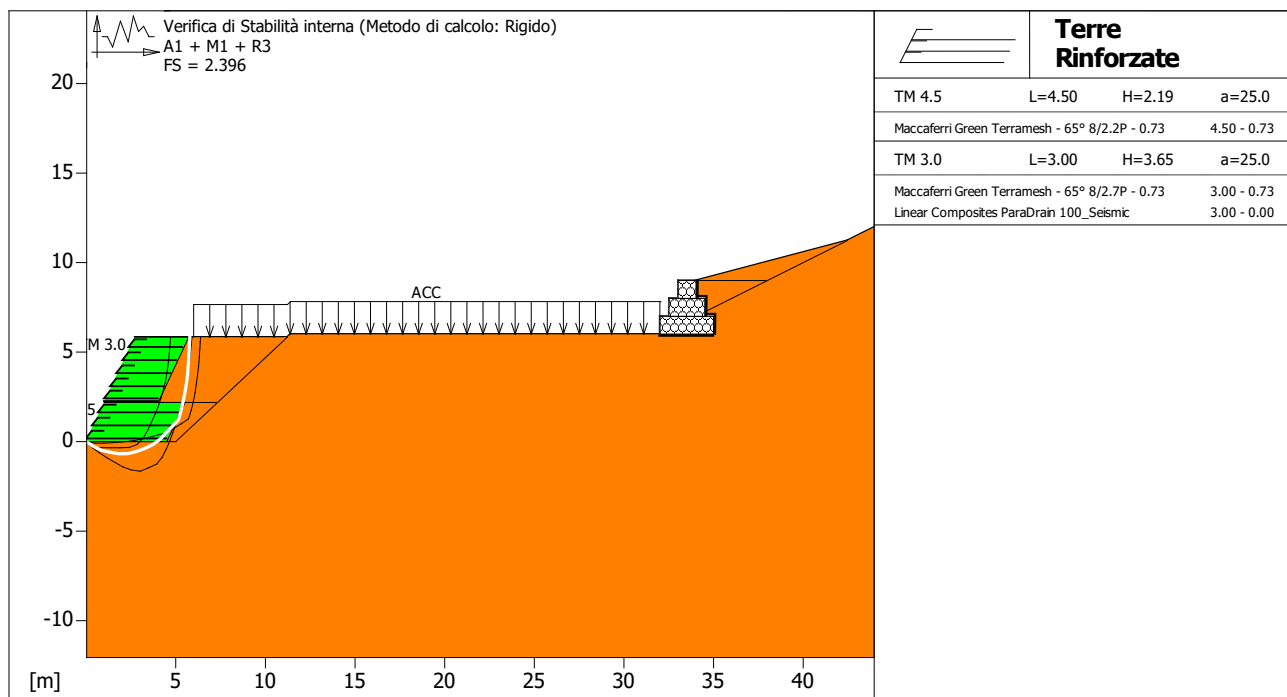
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 1

Numero totale superfici di prova.....: 100

Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50
 Angolo limite orario..... [°].....: 0.00
 Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
0.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.30	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità

6.8.2 Blocco TM 4.5



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 2.396

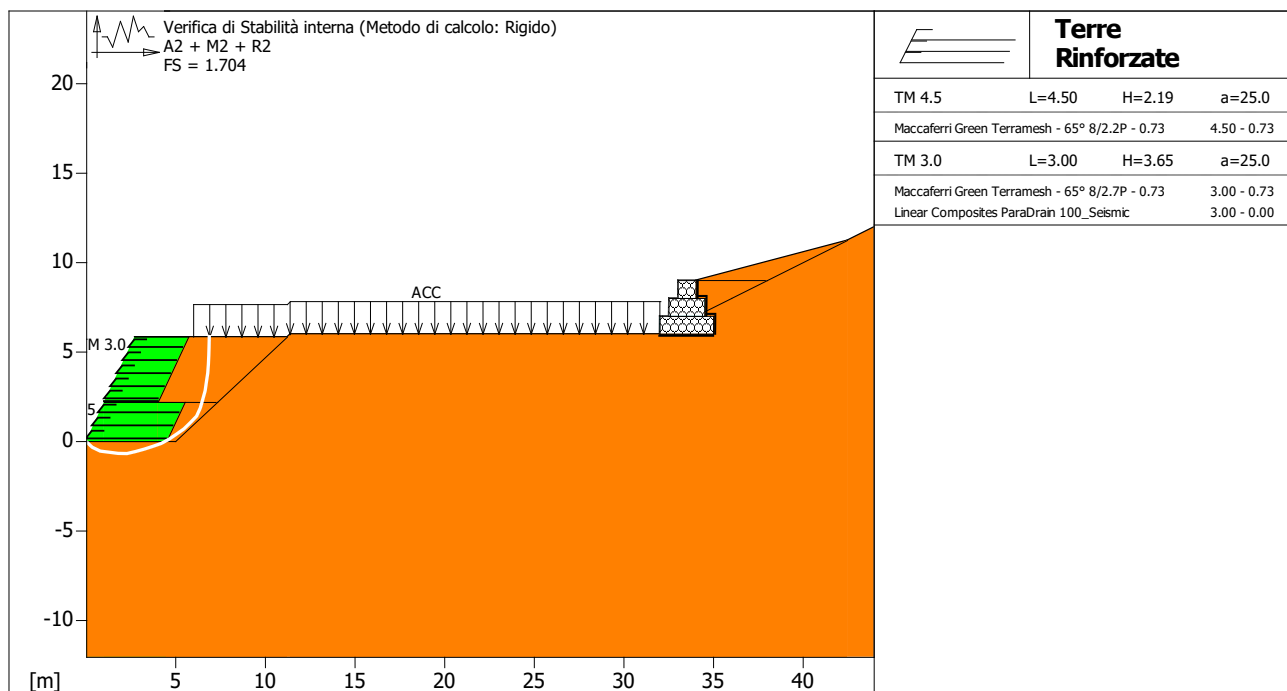
Blocco	Intervallo di ricerca delle superfici	
	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
TM 4.5	Primo punto	Secondo punto
	0.00	12.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....	1	
Numero totale superfici di prova.....	100	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....	0.50	
Angolo limite orario..... [°].....	0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....	0.00	

Blocco : TM 4.5					
Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73					
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	35.0	65.9	27.8	1.26	2.37

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
0.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.30	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità

6.9 Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico: A2 + M2 + R2 – SEZ. TIPO

6.9.1 Blocco TM 3.0



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

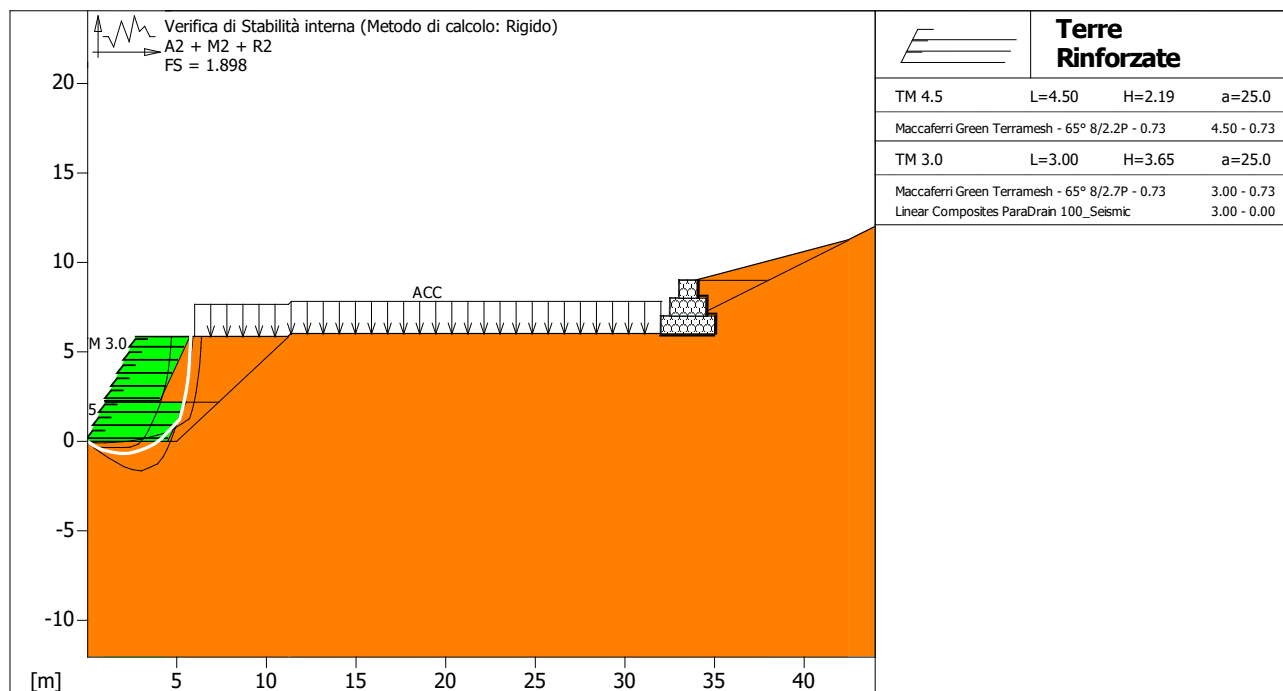
Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.704

Intervallo di ricerca delle superfici	
Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]
TM 3.0	Primo punto 0.00
	Secondo punto 12.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	
Numero totale superfici di prova.....:	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	
Angolo limite orario..... [°].....:	
Angolo limite antiorario..... [°].....:	
Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
0.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
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 - Stabilità

6.9.2 Blocco TM 4.5



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.898

Intervallo di ricerca delle superfici	
Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]
TM 4.5	Primo punto 0.00
	Secondo punto 12.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	
Numero totale superfici di prova.....:	

Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50
 Angolo limite orario..... [°].....: 0.00
 Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00

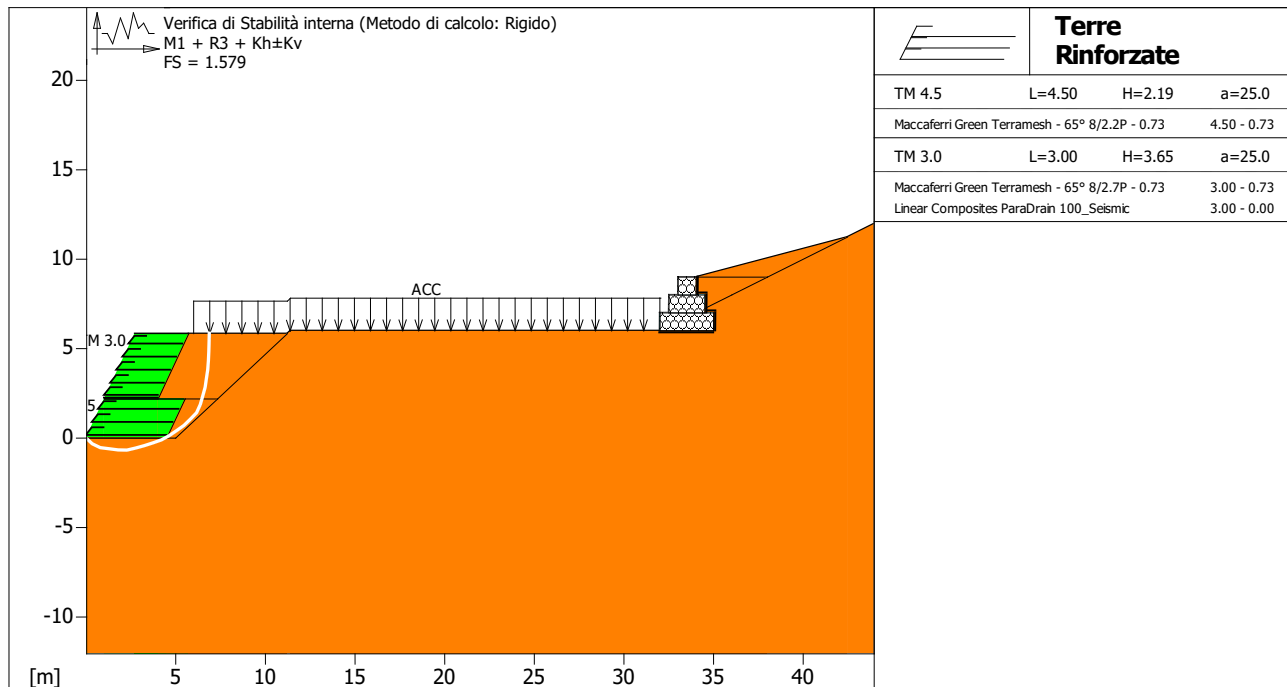
Blocco : TM 4.5
 Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	35.0	64.5	27.8	1.26	2.32

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
0.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
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 - Stabilità

6.10 Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico M1 + R3 + Kh±Kv – SEZ. TIPO

6.10.1 Blocco TM 3.0



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

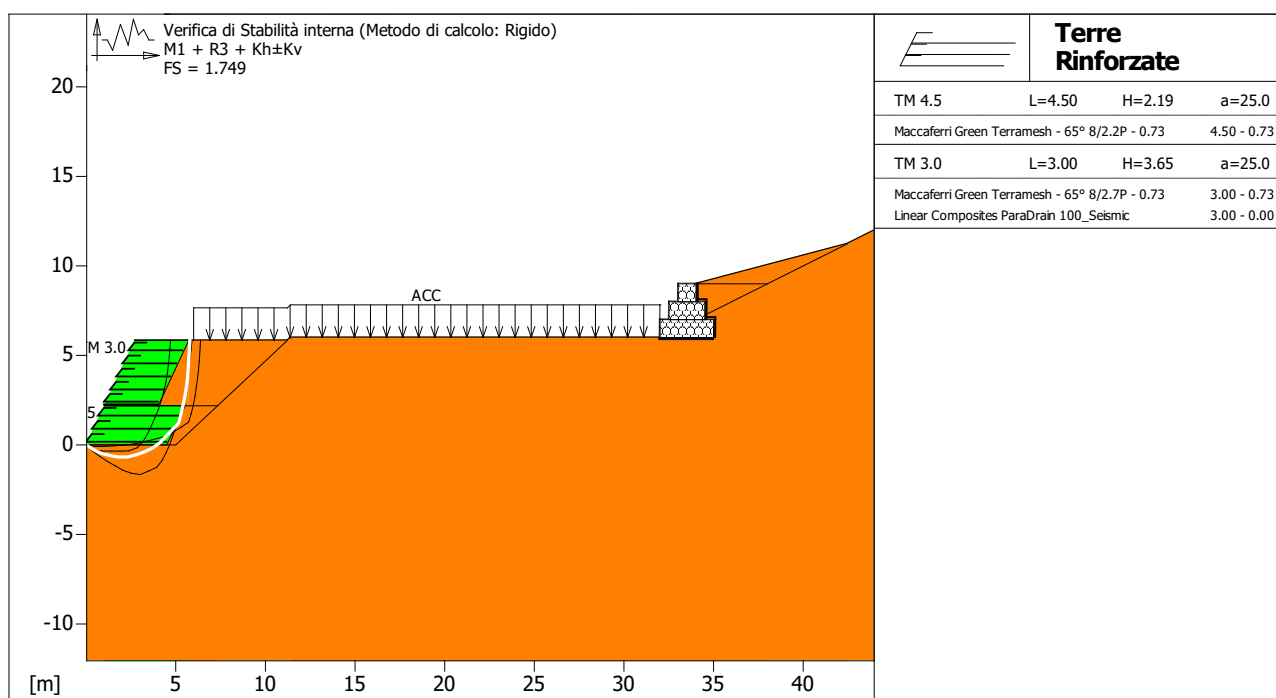
Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.579

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
TM 3.0	Primo punto	Secondo punto
	0.00	12.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
Numero totale superfici di prova.....:	100	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00	

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità

6.10.2 Blocco TM 4.5



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.749

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
TM 4.5	Primo punto	Secondo punto
	0.00	12.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1	
Numero totale superfici di prova.....:	100	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	0.50	

Angolo limite orario.....[°].....: 0.00
Angolo limite antiorario.....[°].....: 0.00

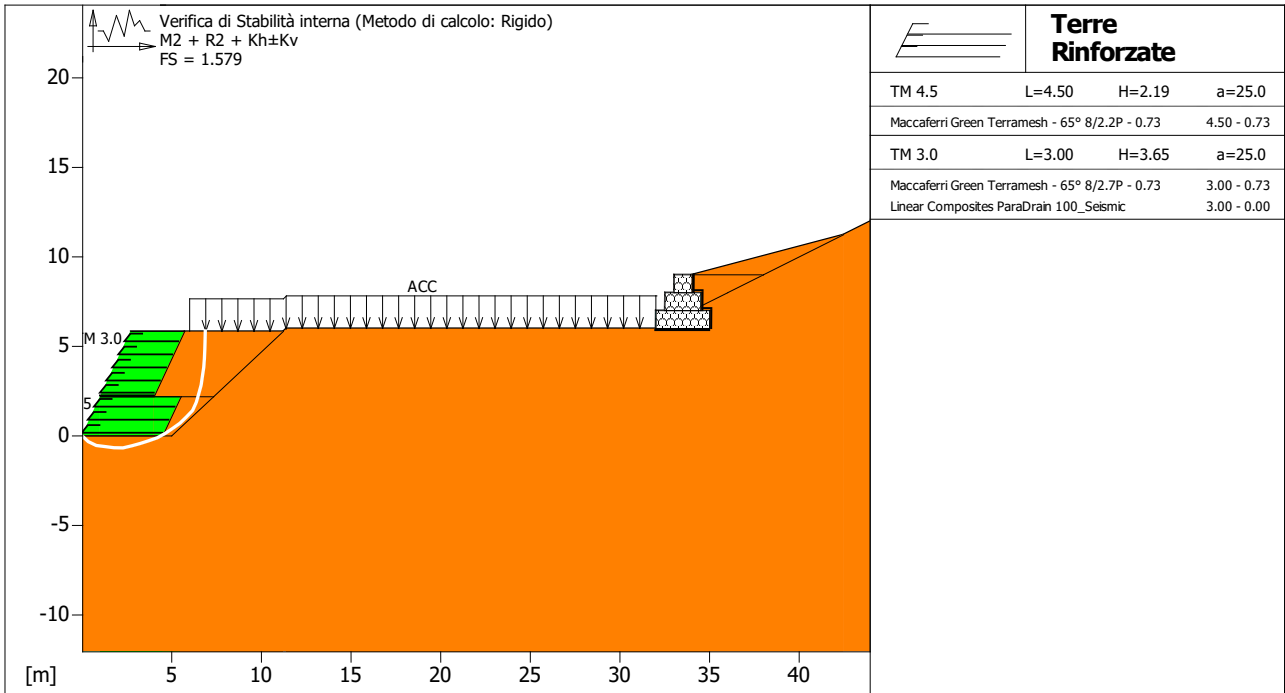
Blocco : TM 4.5
Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	35.0	64.5	27.8	1.26	2.32

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità

6.11 Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico M2 + R2 + Kh±Kv – SEZ. TIPO

6.11.1 Blocco TM 3.0



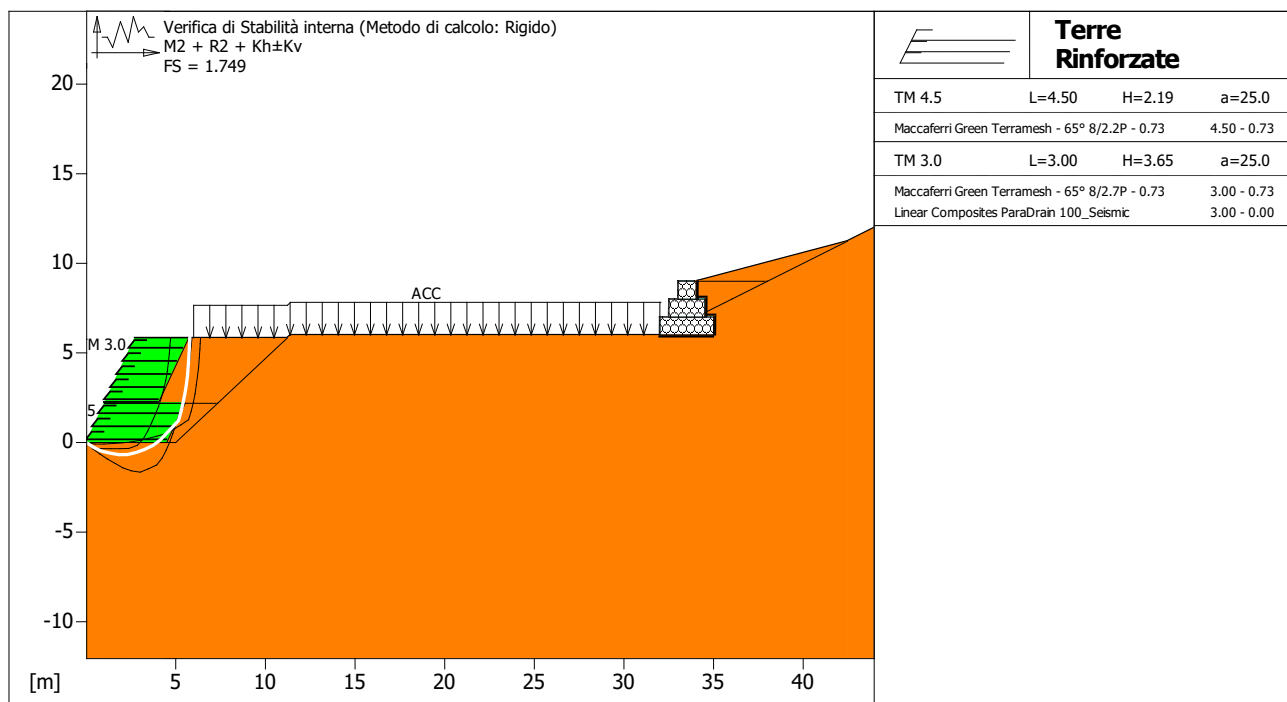
Verifica di stabilità interna :
Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv
Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.579

Blocco	Intervallo di ricerca delle superfici	
	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
TM 3.0	Primo punto	Secondo punto
	0.00	12.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		
Numero totale superfici di prova.....:		
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		
Angolo limite orario..... [°].....:		
Angolo limite antiorario..... [°].....:		

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità

6.11.2 Blocco TM 4.5



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Janbu

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.749

Blocco TM 4.5	Intervallo di ricerca delle superfici	
	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto 0.00	Secondo punto 12.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		1
Numero totale superfici di prova.....:		100
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.50
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00

Blocco : TM 4.5
Maccaferri - Green Terramesh - 65° - 8/2.2P - 0.73

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	35.0	64.5	27.8	1.26	2.32

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità

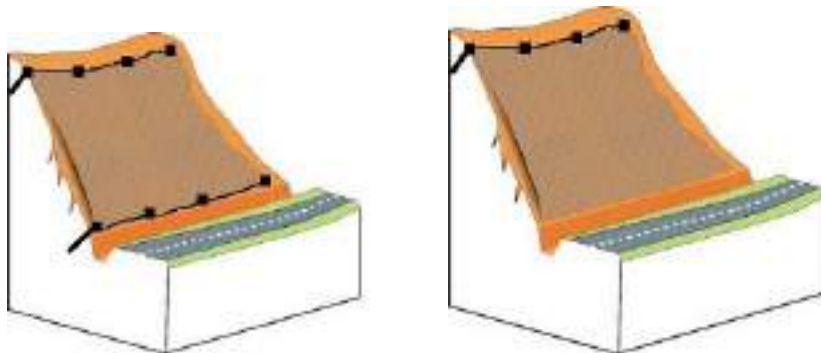
7 RINFORZO CORTICALE

Il sistema di rivestimento è realizzato mediante la copertura con con geocomposito in rete metallica a doppia torsione, in possesso di certificazione CE in conformità alla Direttiva Europea Prodotti da Costruzione (CPD) 89/106, in accordo con le “Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all’impiego e l’utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione” (n.69/2013) e con la UNI EN 10223-3:2013. Il geocomposito sarà costituito da rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale e da una geostuoia tridimensionale polimerica compenetrata e rese solidali durante il processo di produzione. La geostuoia avrà una massa areica minima di 500 g/ m² certificata e sarà costituita da due strutture, realizzate in filamenti di polipropilene termosaldati tra loro nei punti di contatto e stabilizzati per resistere ai raggi UV. La rete metallica a doppia torsione avrà una maglia esagonale tipo 8x10 in accordo con le UNI-EN 10223-3, tessuta con trafilato di ferro, conforme alle UNI-EN 10223-3 e UNI-EN 10218, avente un diametro pari a 2.70 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) conforme alla EN 10244-2 Classe A con un quantitativo non inferiore a 245 gr/m². Lo spessore nominale del geocomposito sarà di 12 mm. La rete avrà una resistenza a trazione longitudinale nominale non inferiore a 50 kN/m (test eseguiti in accordo alla UNI EN 10223-3:2013). La rete sarà caratterizzata da una resistenza a punzonamento nominale non inferiore a 65 kN, con una relativa deformazione massima non superiore a 520 mm, quando testata in accordo a UNI 11437. I teli di geostuoia, una volta stesi lungo la scarpata, dovranno essere collegati tra loro ogni 20 cm con idonee cuciture eseguite con filo avente le stesse caratteristiche di quello della rete e diametro pari a 2.20/3.00 mm, o mediante anelli di chiusura metallici (applicati ogni 20 cm) con un diametro minimo 3.00 mm, rivestiti in lega eutettica di Zn-5%Al. Il geocomposito sarà posato dopo che sarà stato regolarizzato il piano di posa in modo da eliminare solchi e materiale sciolto in precario equilibrio.

I teli saranno stesi srotolando dall’alto verso il basso lungo le linee di massima pendenza e il fissaggio alla scarpata (se previsto) avverrà mediante ancoraggi costituiti in barre d’acciaio il cui costo è da computarsi a parte. Prima della messa in opera e per ogni partita ricevuta in cantiere, l’Appaltatore dovrà consegnare alla D.L. la relativa Dichiarazione di Prestazione (DoP) rilasciata in originale, in cui specifica il nome del prodotto, la Ditta produttrice, le quantità fornite e la destinazione. La conformità dei prodotti dovrà essere certificata da un organismo notificato ai sensi della CPD 89/106 CEE o del CPR 305/2011, terzo ed indipendente, tramite certificato del controllo del processo di fabbrica CE. Tale Ditta produttrice dovrà inoltre essere in certificazione di sistema qualità in conformità alle normative in vigore, ISO-EN 9001:2000; in assenza di ciò, la D.L. darà disposizioni circa il prelievo di campioni per verificare il rispetto delle normative enunciate. E’ compreso l’onere per lavoro eseguito per qualsiasi dimensione dell’area da rivestire, la fornitura ed il trasporto di tutti i materiali necessarie e gli sfridi. Escluso l’onere dell’utilizzo di elicottero: qualora sia necessario sarà compensato a parte. Computato per m² di geocomposito effettivamente steso. Per geocomposito con geostuoia tridimensionale polimerica massa areica 500 g/m² avente deformazione di punzonamento a 10 kN minore di 0.90 m.

Il geocomposito metallico sarà fissato alla scarpata tramite una predisposta struttura di contenimento costituita da un sistema di ancoraggi in barre autoperforanti di diametro esterno 32 mm con un carico di snervamento superiore a 277 KN e disposte sulla testa della scarpata e al piede ogni 3 m e alloggiato all’interno di un perforo di diametro min 90 mm a completo intasamento di boiaccia di lunghezza almeno 2 m. Gli ancoraggi saranno dotati di speciale piastra di ripartizione in acciaio S235JR (EN 10025-2) di dimensioni 200x200x10 mm, termina l’intervento una fune di diametro 12 mm disposta in due filari trasversali alla scarpata.

Il rivestimento è agganciato come una tenda a funi longitudinali e ancoraggi alla sommità ed al piede della scarpata (Fig. 1). Sono generalmente posizionati in linea e sono fissati con idonee terminazioni (bulloni ad occhiello o piastre o simili) per accogliere la fune di sommità.



Sommario

1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
2	RICHIAMI TEORICI	3
3	DATI	8
3.1	COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE COMBINAZIONI STATICHE	8
3.2	COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE COMBINAZIONI SISMICHE	8
3.3	VERIFICHE ESTERNE - COEFFICIENTI PARZIALI GR PER LE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI STR E GEO	8
3.4	VERIFICHE INTERNE - COEFFICIENTI DI SICUREZZA RICHIESTI	9
3.5	CONDIZIONI DI CARICO	9
3.6	DATI PARAMETRI SISMA	9
3.7	DESCRIZIONE COMBINAZIONI DI CARICO	10
4	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	11
4.1	PROFILI STRATIGRAFICI	12
5	CARATTERISTICHE TERRA RINFORZATA	12
5.1	BLOCCHI RINFORZATI	12
5.2	CARICHI	13
5.3	PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI	13
6	VERIFICHE	15
6.1	Verifica come muro di sostegno: Combinazione di carico A1 + M1 + R3 – LATO RAMPA	15
6.2	Verifica come muro di sostegno: Combinazione di carico M1 + R3 + $K_h \pm K_v$ – LATO RAMPA	16
6.3	Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico: A1 + M1 + R3 – LATO RAMPA	17
6.4	Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico A2 + M2 + R2 – LATO RAMPA	18
6.5	Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico M1 + R3 + $K_h \pm K_v$ – LATO RAMPA	19
6.6	Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico M2 + R2 + $K_h \pm K_v$ – LATO RAMPA	21
6.7	Verifica come muro di sostegno: Combinazione di carico A1 + M1 + R3 – SEZ. TIPO	22
6.8	Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico: A1 + M1 + R3 – SEZ. TIPO	23
6.8.1	Blocco TM 3.0	23
6.8.2	Blocco TM 4.5	24
6.9	Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico: A2 + M2 + R2 – SEZ. TIPO	25
6.9.1	Blocco TM 3.0	25
6.9.2	Blocco TM 4.5	26
6.10	Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico M1 + R3 + $K_h \pm K_v$ – SEZ. TIPO	27
6.10.1	Blocco TM 3.0	27
6.10.2	Blocco TM 4.5	28
6.11	Verifica di stabilità interna: Combinazione di carico M2 + R2 + $K_h \pm K_v$ – SEZ. TIPO	29
6.11.1	Blocco TM 3.0	29
6.11.2	Blocco TM 4.5	30
7	RINFORZO CORTICALE	32