

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Brescia-Verona

PROGETTO ESECUTIVO

**IV35 - CAVALCAFERROVIA CASCINA PERGOLA VECCHIA –
PK 125+738,979**

Opera di sostegno IN50Q31. Relazione di calcolo.

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due	
Data: _____	Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERAVDISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	C L	I V 3 5 C 2	0 0 1	A

PROGETTAZIONE								IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
A	Emissione	Romilio <i>Transmission Romilio</i>	28/05/21	Piacentini <i>[Signature]</i>	28/05/21	Liani	28/05/21	
B								
C								

CIG. 751447334A

File: IN0R11EE2CLIV35C2001A_10.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL IV 35C 2 001

Rev.
A

Foglio
2 di 36

INDICE

1	PREMESSA E DESCRIZIONE DELL'OPERA	3
2	ELABORATI DI RIFERIMENTO	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	6
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	7
6	CRITERI DI VERIFICA	8
6.1	SISMICITÀ DEL SITO	9
7	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	12
7.1	VERIFICA A RIBALTAMENTO.....	12
7.2	VERIFICA A SCORRIMENTO	12
7.3	VERIFICA AL CARICO LIMITE	13
8	ANALISI DI STABILITÀ – METODO DI CALCOLO	14
8.1	GENERALITÀ	14
8.2	ANALISI DEI CARICHI	14
8.3	CODICE DI CALCOLO	15
8.4	COEFFICIENTI PARZIALI DI RESISTENZA DELLE RETI METALLICHE.....	17
8.5	VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO STATO LIMITE ULTIMO.....	18
9	RISULTATI DELLE ANALISI	19
8	APPENDICE 1 – OUTPUT DEL SOFTWARE MACSTARS W	22
9.1	CONDIZIONE STATICA	22
9.2	CONDIZIONE SISMICA.....	29

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL IV 35C 2 001

Rev.
A

Foglio
4 di 36

2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

IV35 - CAVALCAFERROVIA CASCINA PERGOLA VECCHIA - PK 125+738,979

INOR	11	E	E2	B	Z	IV	35	C	2	001	Opera di sostegno IN50Q31 – Planimetria, prospetto, sezioni e dati di tracciamento
------	----	---	----	---	---	----	----	---	---	-----	--

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto delle strutture e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore ed in particolare:

- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008
- UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”
- UNI EN 1991-2-4 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”
- UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale- Parte 1-1: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”
- UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1) – Marzo 2005 – Azioni sulle strutture- Parte 2: “Carico da traffico sui ponti”
- UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”
- UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”
- UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”
- British Board of Agrément BBA 03/4065 – Linear composites soil reinforcement products – paralink geocomposites

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL IV 35C 2 001

Rev.
A

Foglio
6 di 36

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera si prevede l'impiego dei materiali indicati nei paragrafi che seguono.

MATERIALI COSTITUENTI IL RILEVATO IN TERRA RINFORZATA

- Rete metallica a doppia torsione protetta con lega Zn – Al – rivestimento plasticato

Fili di acciaio $\Phi = 2,7$ mm

Tensione di rottura a trazione : ≥ 350 MPa

Allungamento : $\geq 10\%$

Carico di rottura a trazione : ≥ 50 kN/m

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Si riporta di seguito la stratigrafia e i parametri caratteristici di resistenza dei terreni in sito secondo quanto contenuto nella relazione geotecnica INOR11EE2RBIV3500001 relativa al cavalcaferrovia IV35.

Tabella 5-1: parametri geotecnici per il terreno in sito

Parametri	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Profondità	0.0 m – 3 m	Da 3 m a 21 m	> 21 m
Natura	Limo argilloso	Limo argilloso	Limo argilloso
γ (kN/m ³)	20	20	20
D_R	-	-	-
OCR	>3	1.03	>1.3
ϕ'_k	24-25°	24-25°	24-25°
c'	10 kPa	0	10 kPa

I primi 8,0 m di terreno in sito vengono consolidati mediante la realizzazione di colonne di ghiaia, per cui le caratteristiche del terreno consolidato di fondazione dell'opera di sostegno valgono:

Tabella 5-3: parametri geotecnici per il terreno consolidato

Parametri	Strato 1	Strato 2
Profondità	0.0 m – 3 m	Da 3 m a 8 m
Natura	Limo argilloso consolidato	Limo argilloso consolidato
γ (kN/m ³)	20	20
D_R	-	-
OCR	>3	1.03
ϕ'_k	28°	28°
c'	10 kPa	0

La falda è stata assunta alla quota di piano campagna.

Per quanto riguarda il terreno costituente il rilevato a tergo si mette in opera terreno di tipo A1-a o A1-b, per cui si adottano i seguenti parametri di resistenza:

Peso specifico: $\gamma_t = 19 \text{ kN/m}^3$
 Angolo di attrito interno: $\phi' = 43^\circ$
 Coesione efficace: $c' = 0$

Per quanto riguarda il paramento in gabbioni, è stato assunto il seguente peso specifico di calcolo:

Peso specifico: $\gamma = 17,5 \text{ kN/m}^3$

6 CRITERI DI VERIFICA

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), le verifiche sono state condotte con il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite.

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 del sovracitato *D.M. 14/01/2008*.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO), di stabilità globale (STAB) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
- Stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno (STAB);
- Scorrimento sul piano di posa (GEO);
- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno (GEO);
- Ribaltamento (EQU).
- SLU di tipo strutturale (STR)
- Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche saranno condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 2", che prevede, per le verifiche STR e GEO, un'unica combinazione di calcolo:

combinazione A1+M1+R3 STR e GEO

per la quale valgono i coefficienti parziali di seguito riportati.

La verifica al ribaltamento viene seguita secondo la combinazione EQU, i cui coefficienti di sicurezza sono di seguito riportati, adottando per il calcolo delle spinte i coefficienti parziali del gruppo (M2).

La verifica di stabilità globale viene eseguita secondo la seguente combinazione di calcolo:

combinazione A2+M2+R2 STAB

Si riportano di seguito i coefficienti parziali da *D.M. 14/01/2008*.

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (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	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
Coestione 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_γ	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

Nelle condizioni sismiche i coefficienti parziali A1 e A2 devono essere posti unitari.

6.1 Sismicità del sito

Si fa riferimento a quanto contenuto nella relazione geotecnica INOR11EE2RBIV3500001 relativa al cavalcaferrovia IV35.

Vale quanto segue:

$$T_R = 1424 \text{ anni (SLV)}$$

$$a_g = 0,2342 \text{ g (SLV)}$$

$$F_0 = 2,4405$$

$$S_s = 1,5427$$

$$S_T = 1,0$$

Le verifiche di stabilità globale dell'opera in terra rinforzata in condizioni sismiche vengono eseguite con il metodo pseudostatico. L'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile rappresentativa della forza di inerzia prodotta dalle onde sismiche nella massa di terreno.

Le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come:

$$F_H = k_H \cdot W$$

$$F_V = k_V \cdot W$$

con k_H e k_V rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

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

$$k_V = \pm 0,5 k_H$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

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

g = accelerazione di gravità

L'accelerazione massima attesa al sito viene valutata con la seguente relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0,362 \text{ g}$$

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione stratigrafica (S_T)

I coefficienti S_S e S_T vengono riportati nelle tabelle seguenti:

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Come riportato nella relazione geotecnica il sottosuolo in esame è di categoria D, per cui si ottiene:

$$S_S = 1,5427$$

$$S_T = 1,0$$

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL IV 35C 2 001

Rev.
A

Foglio
11 di 36

I valori di β_s sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 7.11.I – *Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.*

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0,30	0,28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0.1$	0,20	0,20

Nel caso in parola si assume quindi $\beta_s = 0,28$.

Si ottiene quindi:

$$k_H = \beta_s \cdot a_{max}/g = 0,28 \times 0,362 = 0,1014$$

$$k_V = \pm 0,5 \quad k_H = \pm 0,0507$$

7 VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche geotecniche agli stati limite ultimi devono essere eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO), di stabilità globale (STAB) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
- Ribaltamento (EQU)
- Scorrimento sul piano di posa (GEO);
- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno (GEO);
- Stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno (STAB).

Si fa riporta di seguito una descrizione di ciascuna di queste verifiche.

7.1 Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare l'opera (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare l'opera (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 disequaglianza:

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

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 (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.

7.2 Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento dell'opera lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere l'opera 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 .

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

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 (caso di presenza di sisma).

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito agente ad intradosso 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, la forza resistente può esprimersi come:

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f$$

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , si assume un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

7.3 Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dall'opera 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:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a seconda che siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ($\phi=0$) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

$$q_u = 5.14c(1+s_c+d_c-i_c-g_c-b_c) + q$$

in cui d_c, d_q, d_γ , sono i fattori di profondità; s_c, s_q, s_γ , sono i fattori di forma; i_c, i_q, i_γ , sono i fattori di inclinazione del carico; b_c, b_q, b_γ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa; g_c, g_q, g_γ , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori N_c, N_q, N_γ sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

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

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi$$

8 ANALISI DI STABILITA' – METODO DI CALCOLO

8.1 Generalità

Si fa ricorso ad un modello semplificato basato sulla nota teoria dell'equilibrio limite nell'ambito della quale i terreni sono stati caratterizzati mediante un legame costitutivo rigido-plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb (analisi in termini di sforzi efficaci). Tale approccio consente di svincolarsi da tutte le problematiche legate all'analisi dello stato deformativo dell'ammasso e di definire un semplice fattore di sicurezza, convenzionalmente valutato come rapporto tra le forze di taglio potenzialmente mobilitabili lungo la superficie di rottura analizzata e le forze di taglio effettivamente mobilitate sotto l'azione delle forze agenti sull'ammasso (pesi propri, carichi esterni, ecc.). La letteratura tecnica documenta numerosi metodi per il calcolo del fattore di sicurezza; tra di essi si è optato per quello proposto da Bishop (1955) "semplificato" per superfici di rottura di forma cilindrica.

Le analisi di stabilità sono state effettuate sia secondo superfici interne all'opera in terra rinforzata, ovvero che intercettano gli elementi di rinforzo (analisi di stabilità interna) che secondo superfici esterne all'opera in terra rinforzata (analisi di stabilità globale).

8.2 Analisi dei carichi

Pesi propri

Per quanto riguarda l'azione permanente dovuta ai pesi propri, si fa riferimento ai pesi propri dei terreni riportati nel paragrafo relativo alla caratterizzazione geotecnica.

Azione dei carichi da traffico

Per quanto riguarda l'azione variabile dovuta ai carichi da traffico, in condizioni statiche si considera un sovraccarico di 20 kPa uniformemente distribuito sulla carreggiata, mentre in condizioni sismiche è stato considerato un sovraccarico di 4 kPa uniformemente distribuito sulla carreggiata ($\psi_{02} = 0,2$).

Azione sismica

Si ricorre ad un approccio di tipo pseudo-statico che consiste nel calcolare le azioni sismiche come una forza rappresentativa della forza di inerzia prodotta dal passaggio delle onde sismiche nella massa di terreno.

La forza di volume viene calcolata come di seguito indicato.

$$F_H = k_H \cdot W$$

$$F_V = k_V \cdot W$$

con k_H e k_V rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

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

$$k_V = \pm 0,5 k_H$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

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

g = accelerazione di gravità

L'accelerazione massima attesa al sito viene valutata con la seguente relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0,362 g$$

Nel caso in parola si assume $\beta_s = 0,28$.

Si ottiene quindi:

$$k_H = \beta_s \cdot a_{\max}/g = 0,28 \times 0,362 = 0,1014$$

$$k_V = \pm 0,5 k_H = \pm 0,0507$$

8.3 Codice di calcolo

L'analisi delle condizioni di equilibrio viene svolta con ricorso al codice di calcolo MacStars W che consente di modellare l'effetto stabilizzante degli elementi di rinforzo (geoteti).

Si fa in particolare riferimento a quanto illustrato in figura n.8.1 e 8.2 e si definiscono le seguenti condizioni di rottura:

- Sfilamento del tratto di ancoraggio (Pullot): $F_1 = 2 L_0 A \tau / 100$
- Rottura per strappamento (Tensile Failure): $F_2 = T A / 100$
- Sfilamento della parte anteriore (Stripping): $F_3 = 2 L_i A \tau / 100$

dove:

L_i = lunghezza del rinforzo dentro la massa instabile (figura n.8.1)

L_0 = lunghezza del rinforzo dentro la massa stabile (figura n.8.2)

A = percentuale di ricoprimento (%) (figura n.8.3)

T = Resistenza a trazione del rinforzo

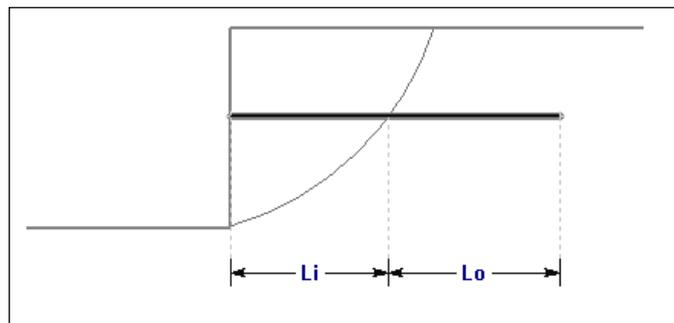


Figura n.8.1 – Sistema di interazione pendio-rinforzo

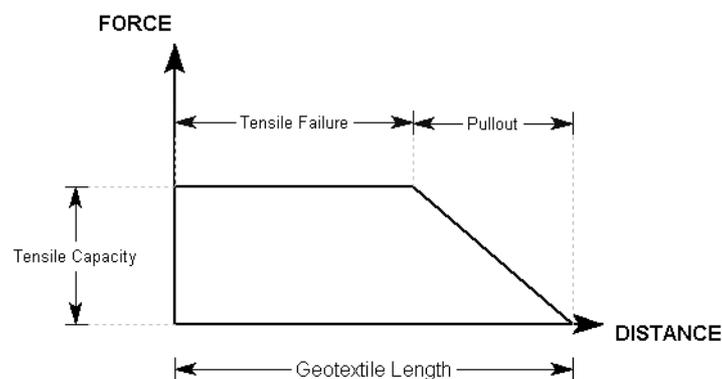
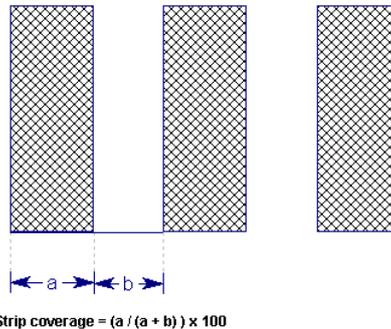


Figura n.8.2 - Diagramma delle forze mobilitabili lungo il rinforzo

**Figura n.8.3 – Percentuale di ricoprimento**

Ciò premesso si verifica che in ogni punto il diagramma della forza applicata (F) rispetti la condizione di cui al seguito:

- Rinforzo non ancorato: $F = \min (F_1, F_2, F_3)$
- Rinforzo ancorato lato fronte scavo: $F = \min (F_1, F_2)$

Per la situazione in esame la condizione di rottura F_3 non è vincolante in quanto le reti metalliche sono risvoltate e quindi ancorate lato fronte scavo.

La forza (τ) di attrito lungo la superficie dei rinforzi (cfr. figura n.8.4) viene definita per mezzo del noto criterio di rottura lineare:

$$\tau = a + \sigma_n \tan \phi$$

dove:

a = adesione

σ_n = tensione verticale efficace

ϕ = angolo di attrito tra terreno e rinforzo

**Figura n.8.4 – Resistenza allo sfilamento**

La direzione della forza generata dal rinforzo ed applicata alla base del concio interessato si assume tangente alla superficie di rottura.

Nel caso in esame non è stato considerato il contributo dell' adesione ed è stato considerato un angolo di attrito tra terreno e rinforzo pari all' angolo di attrito interno del terreno.

8.4 Coefficienti parziali di resistenza delle reti metalliche

L'analisi viene svolta allo stato limite ultimo (SLU) con riferimento ai parametri di resistenza al taglio dei terreni ridotti applicando i coefficienti parziali.

Per quanto riguarda i coefficienti parziali da applicare agli elementi strutturali di rinforzo si fa riferimento a quanto contenuto in British Board of Agrément BBA 03/4065.

Allo SLU la resistenza di progetto a trazione T_d della rete metallica vale:

$$T_d = T_k / f_m$$

dove:

T_k = carico di rottura a trazione della rete metallica

f_m è il coefficiente di sicurezza sul materiale che tiene conto del danneggiamento dovuto all'installazione (installation damage), dell'esposizione agli agenti atmosferici, inclusa la luce solare (weathering), dei fattori ambientali e chimici (chemical and other environmental effects) e dell'estrapolazione dei dati (extrapolation of data).

Vale quindi:

$$f_m = RF_{ID} \times RF_w \times RF_{CH} \times f_s$$

where:

RF_{ID} è il coefficiente riduttivo per il danneggiamento dovuto all'installazione (installation damage)

RF_w è il coefficiente riduttivo per l'esposizione agli agenti atmosferici (weathering)

RF_{CH} è il coefficiente riduttivo per fattori ambientali e chimici (chemical / environmental effects)

f_s è il coefficiente di sicurezza per estrapolazione dei dati (extrapolation of data).

In via conservativa si assume per RF_{ID} quello più gravoso relativo alla ghiaia grossolana, ovvero si assume 1,05.

RF_w per rinforzi protetti dalla luce solare è pari a 1,0.

RF_{CH} per una vita di progetto pari a 120 anni e una $T = 25^\circ$ vale 1,15.

Il fattore di sicurezza per estrapolazione dei dati per una vita di progetto pari a 120 anni vale 1,05.

Si ottiene quindi:

$$f_m = RF_{ID} \times RF_w \times RF_{CH} \times f_s = 1,05 \times 1,0 \times 1,15 \times 1,05 = 1,268$$

Da cui:

$$T_d = T_k / f_m = 50 \text{ kN/m} / 1,268 = 39,43 \text{ kN/m}$$

Si deve verificare pertanto che valga la relazione:

$$F_d \leq T_d$$

La verifica alla rottura per trazione e per sfilamento del rinforzo è implicitamente soddisfatta in quanto è stato introdotto nel programma di calcolo il valore ridotto della resistenza di calcolo T_d del rinforzo stesso.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL IV 35C 2 001

Rev.
A

Foglio
18 di 36

8.5 Verifiche di resistenza allo stato limite ultimo

Il calcolo viene svolto allo stato limite ultimo (SLU) facendo riferimento ai coefficienti parziali richiesti da D.M. 2008 per la combinazione A2+M2+R2. Per quanto riguarda i valori del coefficiente parziale sulla resistenza globale calcolata (γ_R) si fa riferimento al D.M. 2008 che prevede: $\gamma_R = 1,1$
Per quanto riguarda la verifica di resistenza allo SLU del rinforzo ($F_d \leq T_d$), avendo implementato nei modelli di calcolo un valore di resistenza a trazione del rinforzo pari a T_d la verifica alla rottura per trazione e per sfilamento del rinforzo è implicitamente soddisfatta.

9 RISULTATI DELLE ANALISI

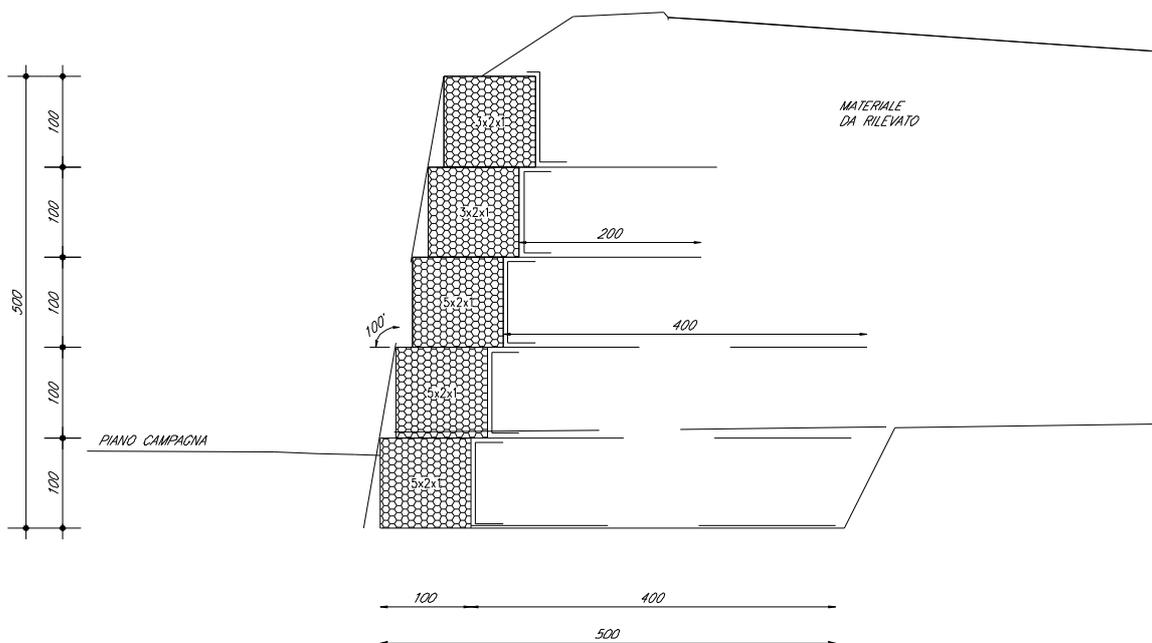
Si riportano di seguito le verifiche geotecniche e le analisi di stabilità relative alla sezione costituita dal rilevato di massima altezza fuori terra (pari a 4,30 m) con 1,0 m di terreno al di sopra dell'estradosso della terra rinforzata in quanto la sezione più gravosa e quindi dimensionante.

Le analisi di stabilità sono state eseguite sulla sezione di altezza massima per ognuno dei materassi costituenti l'opera. Le sezioni di altezza minore sono caratterizzate dalle stesse code metalliche di rinforzo, di conseguenza le verifiche per le sezioni di altezza minore sono implicitamente soddisfatte da quelle relative alla sezione di altezza massima alle quote inferiori.

Le analisi di stabilità sono state effettuate sia secondo superfici interne all'opera in terra rinforzata, ovvero che intercettano gli elementi di rinforzo (analisi di stabilità interna) che secondo superfici esterne all'opera in terra rinforzata (analisi di stabilità globale).

Le verifiche vengono svolte allo stato limite ultimo sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche facendo riferimento ai parametri di resistenza in condizioni drenate dei terreni in quanto le condizioni più gravose.

Si riporta di seguito la geometria della sezione utilizzata nel modello di calcolo:



Nelle verifiche geotecniche e nelle analisi di stabilità sono stati calcolati i coefficienti di sovradimensionamento, cioè i rapporti fra le capacità di resistenza della struttura e le azioni agenti sulla struttura stessa. Poiché nel calcolo si introducono sia coefficienti di sicurezza parziali che fattori di amplificazione dei carichi, è sufficiente che i fattori di sovradimensionamento siano maggiori o uguali all'unità per garantire la sicurezza nei confronti dello stato limite considerato.

Si riportano nella tabella di seguito i coefficienti di sicurezza minimi calcolati.

Scenario di verifica	Verifica a ribaltamento	Verifica a scorrimento	Verifica di capacità portante	Analisi di stabilità globale	Analisi di stabilità interna
Condizione statica	6.23	3.55	2.59	1.44	1.89
Condizione sismica	2.66	1.94	1.93	1.25	1.37

Si nota che tutti i coefficienti di sicurezza sono maggiori dell'unità, di conseguenza tutte le verifiche risultano soddisfatte.

Si riportano nelle figure di seguito le immagini delle superfici di scivolamento critiche per le analisi di stabilità globale ed interna, sia in condizioni statiche che sismiche.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

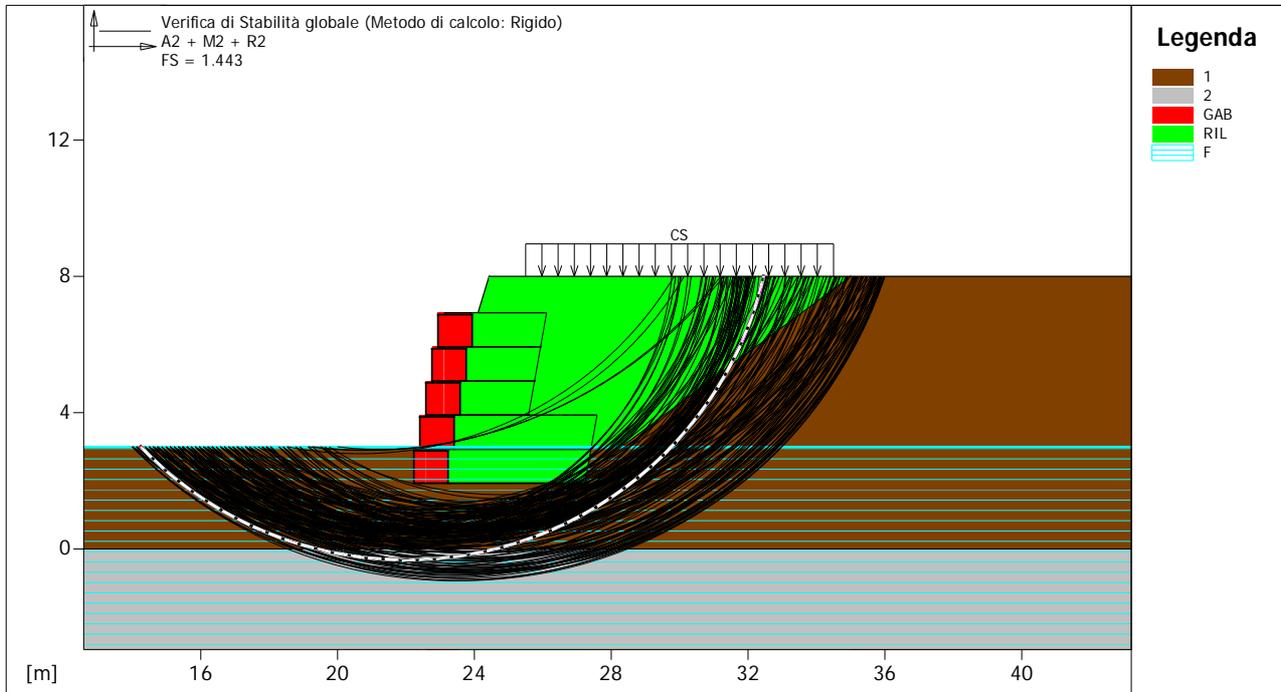
Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL IV 35C 2 001

Rev.
A

Foglio
20 di 36

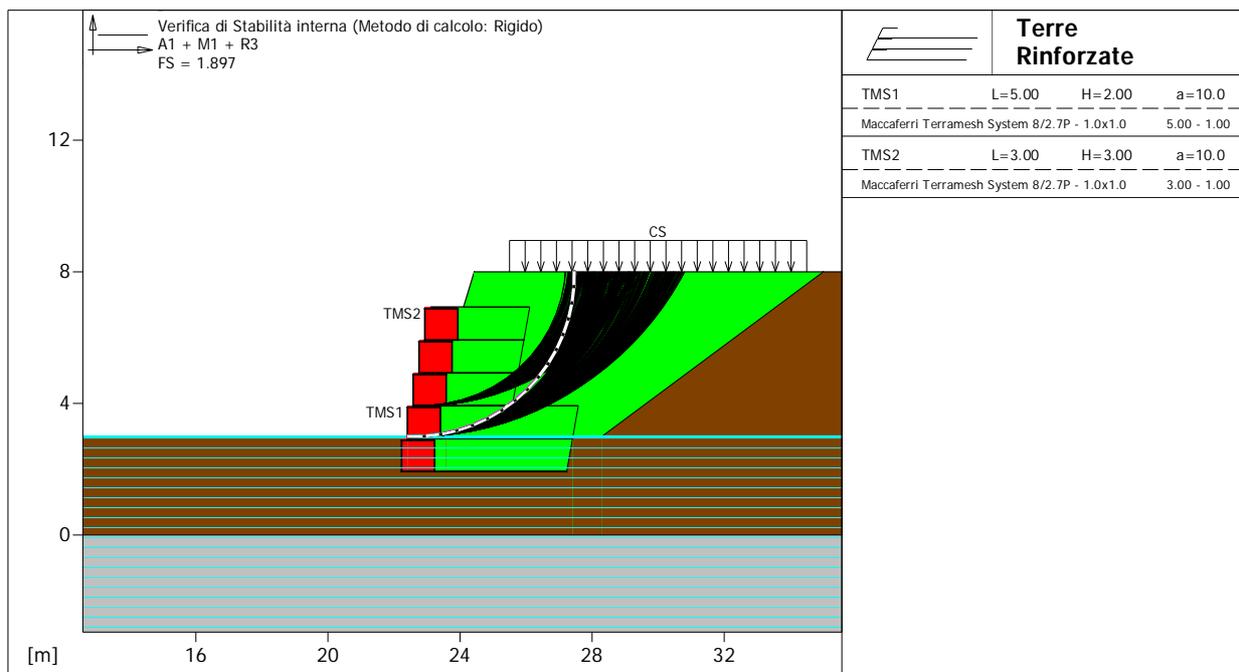


MACCAFERRI
MacStARS W
Maccaferri Stability Analysis of
Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

Proposta:
Sezione:
Documento: sezioneIV35_sez_23_statica

Data:
03/03/2021
Pratica:

Analisi di stabilità globale – Condizione statica

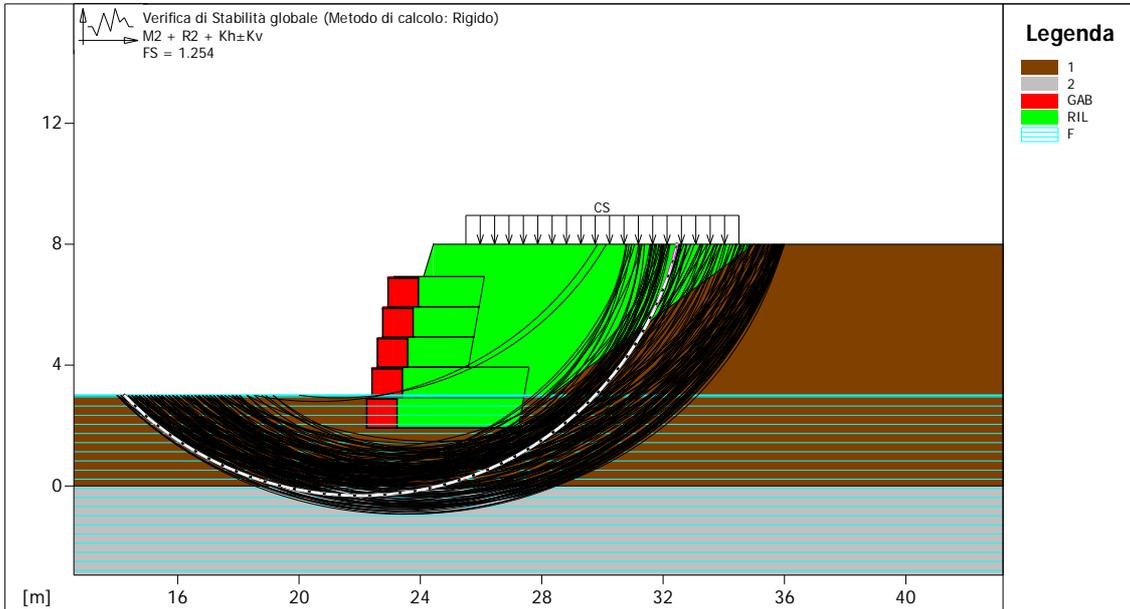


MACCAFERRI
MacStARS W
Maccaferri Stability Analysis of
Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

Proposta:
Sezione:
Documento: sezioneIV35_sez_23_statica

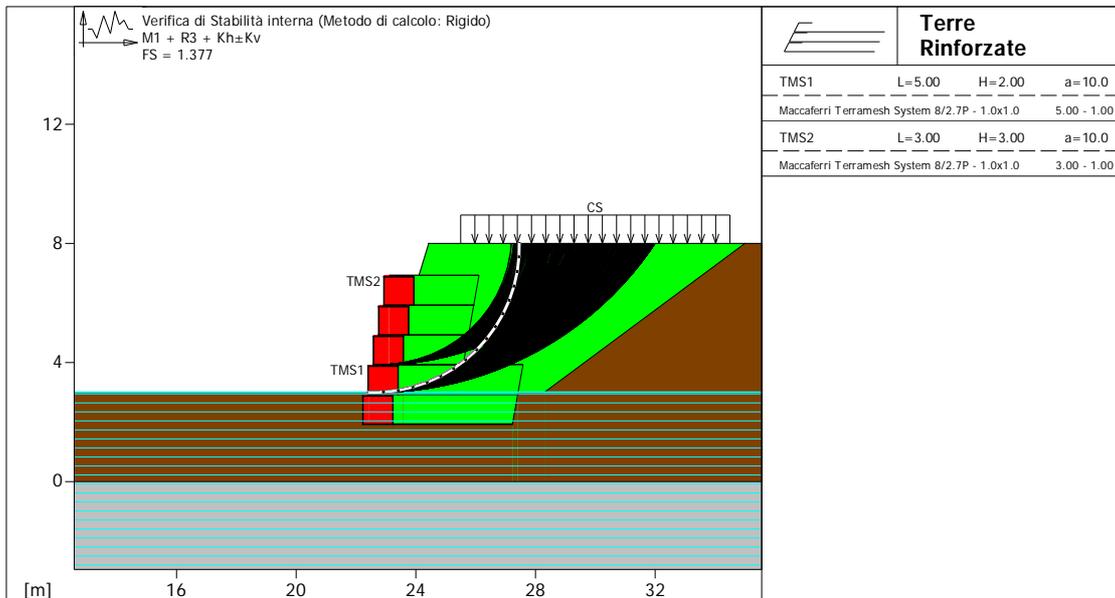
Data:
03/03/2021
Pratica:

Analisi di stabilità interna – Condizione statica



 MacStARS W <small>Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0</small>	Proposta:	Date:
	Sezione: Documento: sezioneIV35_sez_23_sismica	03/03/2021
		Pratica:

Analisi di stabilità globale – Condizione sismica



 MacStARS W <small>Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0</small>	Proposta:	Date:
	Sezione: Documento: sezioneIV35_sez_23_sismica	03/03/2021
		Pratica:

Analisi di stabilità interna – Condizione sismica

Il dettaglio dei tabulati di calcolo viene riportato per completezza negli allegati.

8 APPENDICE 1 – OUTPUT DEL SOFTWARE MACSTARS W

9.1 Condizione statica

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : 1

Descrizione :

Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m ²]	10.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°]	28.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]	20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]	20.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²]	0.00
Coefficiente di Poisson.....		0.30

Terreno : 2

Descrizione :

Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m ²]	0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°]	28.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]	20.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]	21.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²]	0.00
Coefficiente di Poisson.....		0.30

Terreno : GAB

Descrizione :

Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m ²]	12.50
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°]	40.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]	17.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]	17.50
Modulo elastico.....	[kN/m ²]	0.00
Coefficiente di Poisson.....		0.30

Terreno : RIL

Descrizione :

Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m ²]	0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio	
Angolo d'attrito.....	[°]	43.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]	18.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]	19.00

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL IV 35C 2 001Rev.
AFoglio
23 di 36Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI**Strato: 1**

Descrizione:

Terreno : 1

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	3.00	28.30	3.00	35.00	8.00	50.00	8.00

Strato: 2

Descrizione:

Terreno : 2

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	50.00	0.00				

Strato: RIL

Descrizione:

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
22.91	3.00	24.43	8.00	50.00	8.00		

PROFILI FALDE FREATICHE**Falda: F**

Descrizione:

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]
0.00	3.00		58.37		3.00		

BLOCCHI RINFORZATI**Blocco : TMS1**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 5.00 Altezza.....= 2.00

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 22.23 Ordinata.....= 1.93

Inclinazione paramento...[°].....: 10.00

Terreno riempimento gabbioni.....: GAB

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia

Rilevato strutturale.....: RIL

Terreno di riempimento a tergo.....: RIL

Terreno di copertura.....: RIL

Terreno di fondazione.....: 1

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

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

Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

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

Lunghezza.....[m].....= 5.00

Gabbione.....[m].....: Altezza.....= 1.00 Larghezza.....= 1.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL IV 35C 2 001Rev.
AFoglio
24 di 36**Blocco : TMS2**

Dati principali.....[m]..... : Larghezza..... = 3.00 Altezza..... = 3.00
 Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TMS1
 Inclinazione paramento...[°]..... : 10.00

Terreno riempimento gabbioni : GAB
 Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia
 Rilevato strutturale..... : RIL
 Terreno di riempimento a tergo..... : RIL
 Terreno di copertura..... : RIL
 Terreno di fondazione..... : 1

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

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

Rinforzi :

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

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Gabbione.....[m]..... : Altezza..... = 1.00 Larghezza..... = 1.00

CARICHI**Pressione : CS**

Descrizione : Carico stradale

Classe : Variabile - sfavorevole

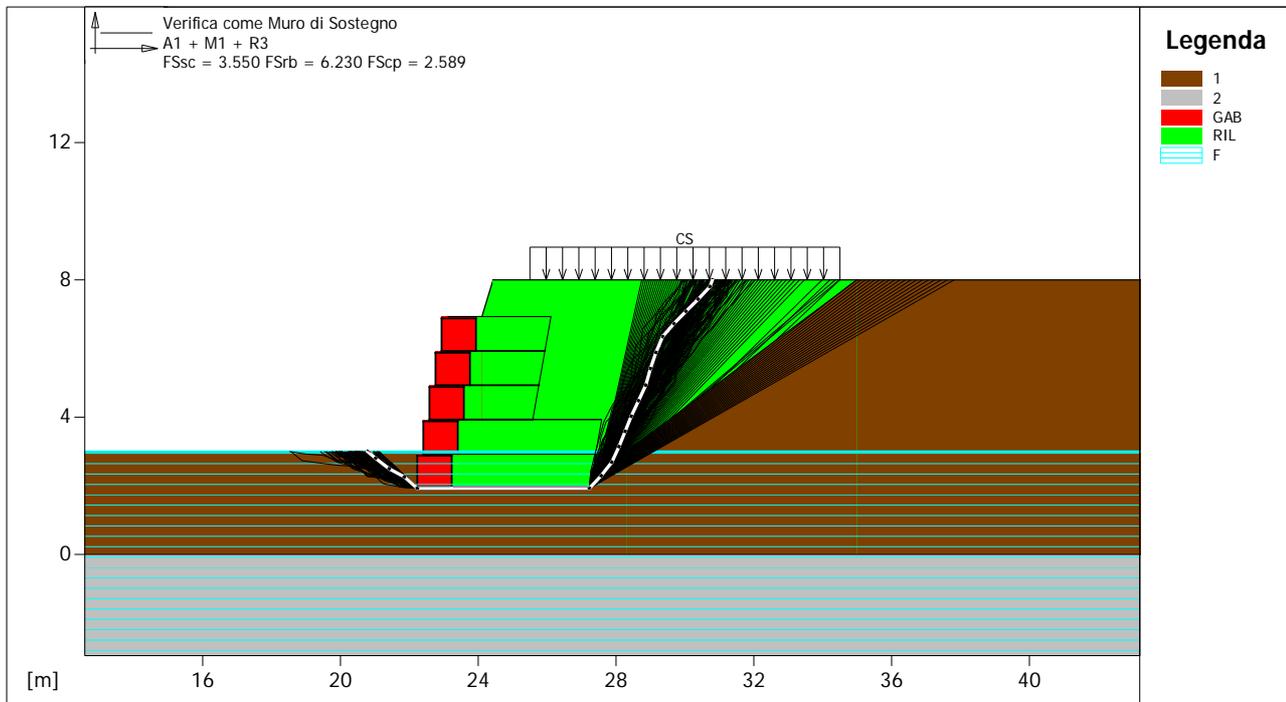
Intensità.....[kN/m²]... = 20.00 Inclinazione.....[°]... = 0.00
 Ascissa.....[m] : Da = 25.50 To = 34.50

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

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
 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: sezioneIV35_sez_23_statica

Data:
03/03/2021

Pratica:

Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : TMS1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 322.50

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 82.58

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 3.550

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 1624.50

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 226.76

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 6.230

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 376.35Pressione media agente.....[kN/m²].....: 103.82

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 2.589

Fondazione equivalente.....[m].....: 5.00

Eccentricità forza normale.....[m].....: -0.23

Braccio momento.....[m].....: 2.75

Forza normale.....[kN].....: 512.49

Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....: 78.90Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 146.61Fattore
1.50Classe
Variabile - sfavorevole

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL IV 35C 2 001

Rev.
A

Foglio
26 di 36

1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
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

Doc. N.

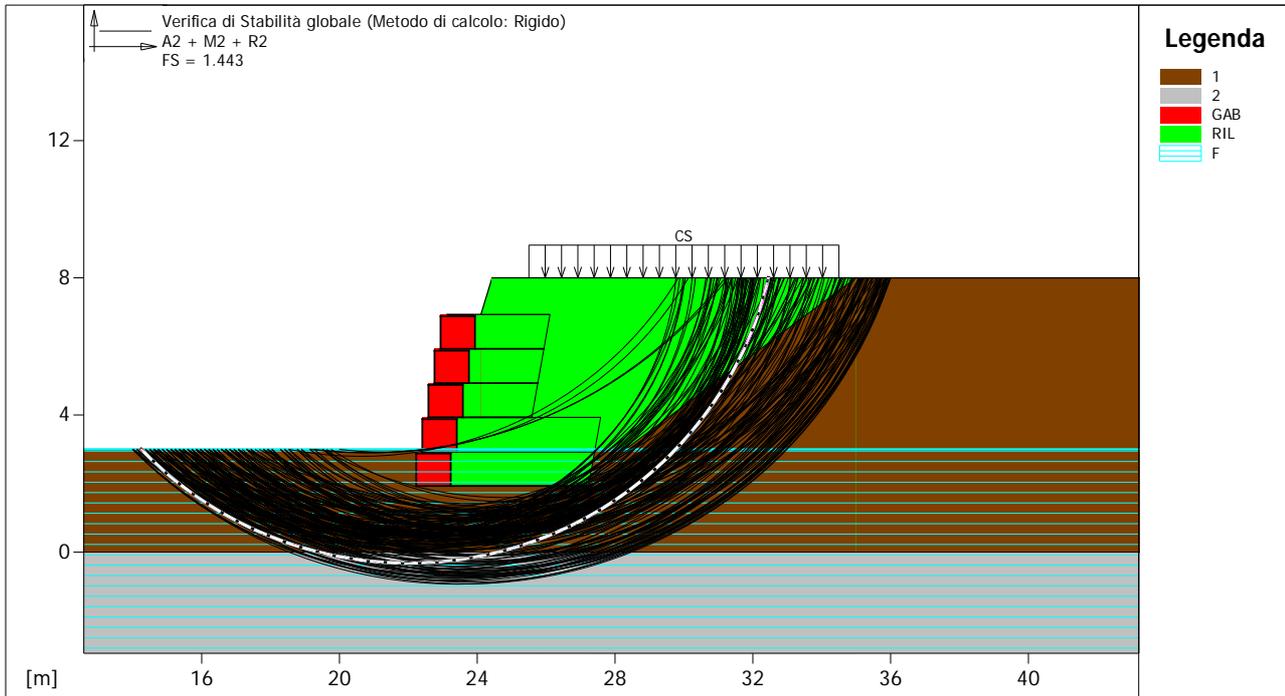
Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL IV 35C 2 001

Rev.
A

Foglio
27 di 36



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

Proposta:
Sezione:
Documento: sezioneIV35_sez_23_statica

Data:
03/03/2021
Pratica:

Verifica di stabilità globale :

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

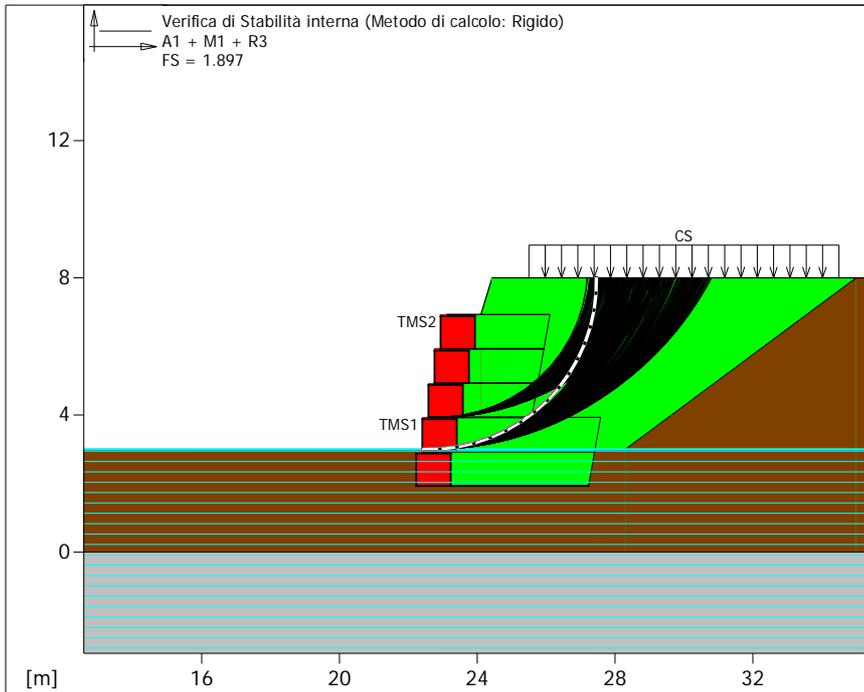
Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.443

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
14.00	20.00	28.00	36.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 50
 Numero totale superfici di prova.....: 500
 Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50
 Angolo limite orario..... [°].....: 0.00
 Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità



Terre Rinforzate			
TMS1	L=5.00	H=2.00	a=10.0
Maccaferri Terramesh System 8/2.7P - 1.0x1.0 5.00 - 1.00			
TMS2	L=3.00	H=3.00	a=10.0
Maccaferri Terramesh System 8/2.7P - 1.0x1.0 3.00 - 1.00			



Proposta:

Sezione:

Documento: sezioneIV35_sez_23_statica

Data:
03/03/2021

Pratica:

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 Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.897

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
TMS1	25.00	32.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....	1
Numero totale superfici di prova.....	500
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....	0.50
Angolo limite orario..... [°].....	1.00
Angolo limite antiorario..... [°].....	0.00

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

9.2 Condizione sismica**CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI****Terreno : 1**

Descrizione :

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione.....[kN/m²].....: 10.00
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
 Angolo d'attrito.....[°].....: 28.00
 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 : 2

Descrizione :

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.....[°].....: 28.00
 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].....: 21.00
 Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : GAB

Descrizione :

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione.....[kN/m²].....: 12.50
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
 Angolo d'attrito.....[°].....: 40.00
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 17.50
 Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 17.50
 Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : RIL

Descrizione :

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.....[°].....: 43.00
 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].....: 19.00
 Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI**Strato: 1**

Descrizione:

Terreno : 1

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	3.00	28.30	3.00	35.00	8.00	50.00	8.00

Strato: 2

Descrizione:

Terreno : 2

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	50.00	0.00				

Strato: RIL

Descrizione:

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
22.91	3.00	24.43	8.00	50.00	8.00		

PROFILI FALDE FREATICHE**Falda: F**

Descrizione:

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]
0.00	3.00			58.37	3.00		

BLOCCHI RINFORZATI**Blocco : TMS1**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 5.00 Altezza.....= 2.00

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 22.23 Ordinata.....= 1.93

Inclinazione paramento...[°].....: 10.00

Terreno riempimento gabbioni.....: GAB
 Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
 Rilevato strutturale.....: RIL
 Terreno di riempimento a tergo.....: RIL
 Terreno di copertura.....: RIL
 Terreno di fondazione.....: 1

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

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

Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

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

Lunghezza.....[m].....= 5.00

Gabbione.....[m].....: Altezza.....= 1.00 Larghezza.....= 1.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL IV 35C 2 001Rev.
AFoglio
31 di 36**Blocco : TMS2**

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

Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TMS1

Inclinazione paramento.....[°]..... : 10.00

Terreno riempimento gabbioni : GAB
 Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia
 Rilevato strutturale..... : RIL
 Terreno di riempimento a tergo..... : RIL
 Terreno di copertura..... : RIL
 Terreno di fondazione..... : 1

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

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

Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

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

Lunghezza.....[m]..... = 3.00

Gabbione.....[m]..... : Altezza..... = 1.00 Larghezza..... = 1.00

CARICHI**Pressione : CS**

Descrizione : Carico stradale

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²]..... = 4.00 Inclinazione.....[°]..... = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 25.50 To = 34.50

Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s²]..... : Orizzontale..... = 1.34 Verticale..... = 0.68**PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI**

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

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

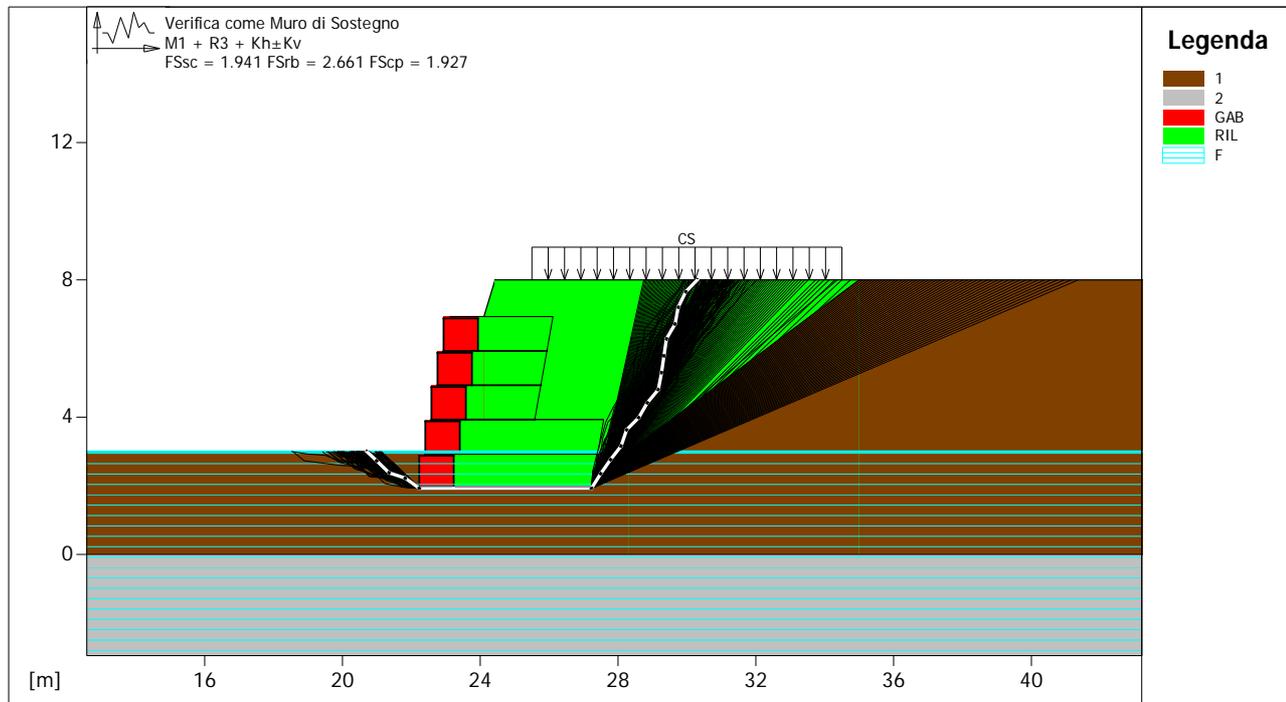
Codifica Documento
E E2 CL IV 35C 2 001

Rev.
A

Foglio
32 di 36

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

VERIFICHE

**MACCAFERRI**

Proposta:

Data:
03/03/2021**MacStARS W**Maccaferri Stability Analysis of
Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0

Sezione:

Documento: sezioneIV35_sez_23_sismica

Pratica:

Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : TMS1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 275.21

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 141.77

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 1.941

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 1390.80

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 522.66

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 2.661

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 251.96Pressione media agente.....[kN/m²].....: 108.96

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.927

Fondazione equivalente.....[m].....: 4.10

Eccentricità forza normale.....[m].....: 0.45

Braccio momento.....[m].....: 3.69

Forza normale.....[kN].....: 423.55

Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....: 130.49Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 38.93Fattore
1.00Classe
Variabile - sfavorevole

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

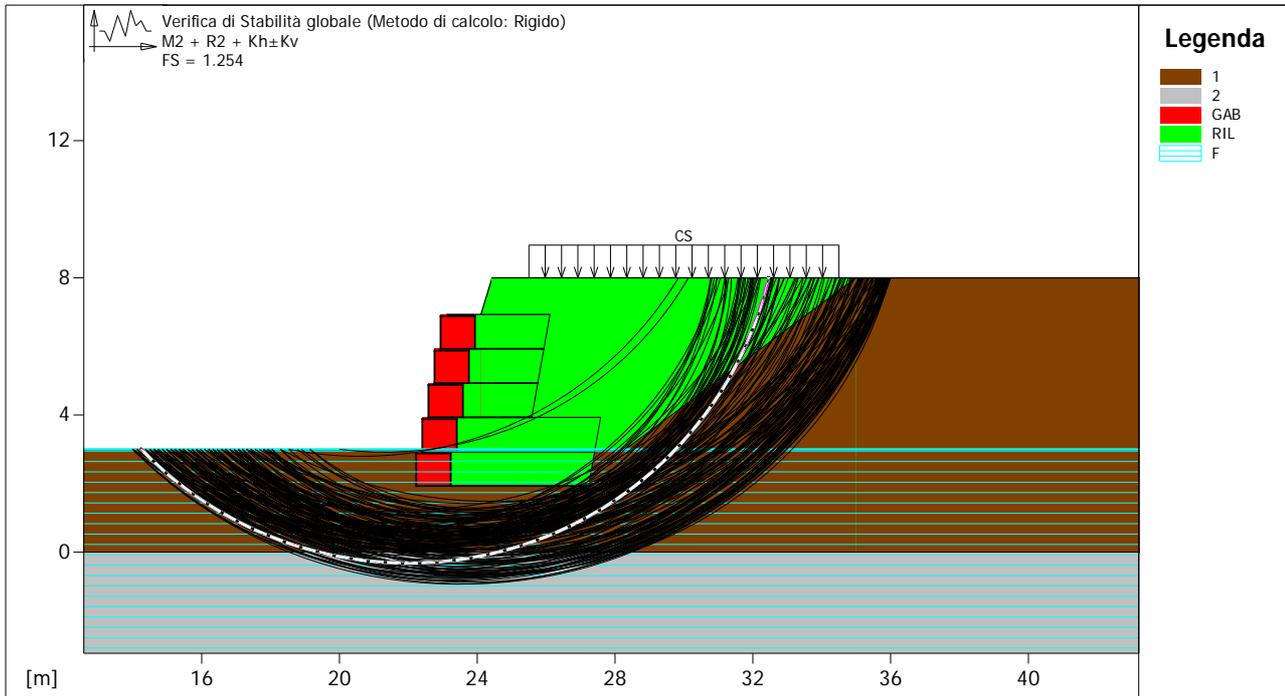
Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL IV 35C 2 001

Rev.
A

Foglio
34 di 36

1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
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



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

Proposta:

Sezione:

Documento: sezioneIV35_sez_23_sismica

Data:
03/03/2021

Pratica:

Verifica di stabilità globale :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.254

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
14.00	20.00	28.00	36.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 50

Numero totale superfici di prova.....: 500

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

Doc. N.

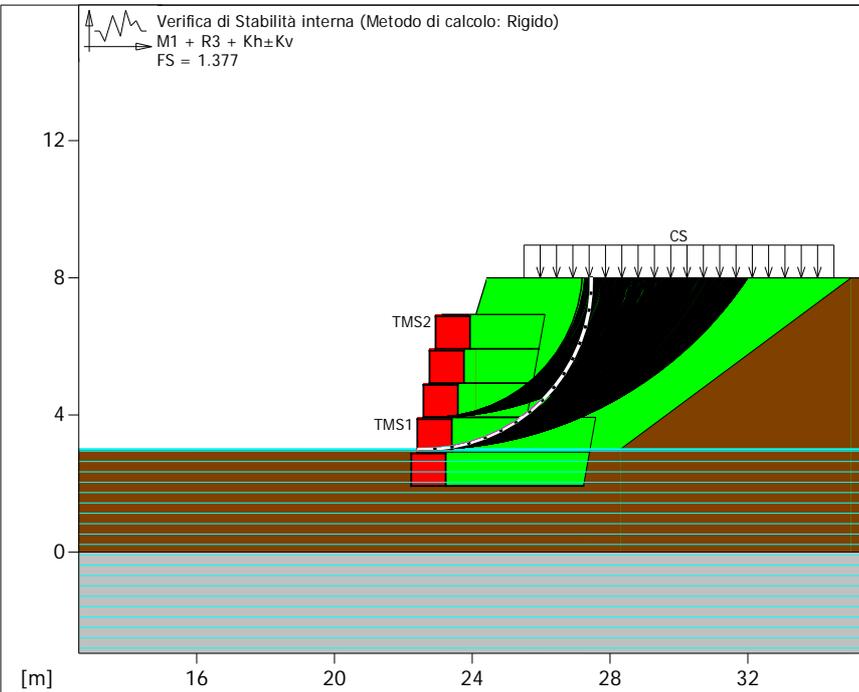
Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL IV 35C 2 001

Rev.
A

Foglio
36 di 36



Terre Rinforzate			
TMS1	L=5.00	H=2.00	a=10.0
Maccaferri Terramesh System 8/2.7P - 1.0x1.0			
TMS2	L=3.00	H=3.00	a=10.0
Maccaferri Terramesh System 8/2.7P - 1.0x1.0			



Proposta:

Data:
03/03/2021

Sezione:

Documento: sezioneIV35_sez_23_sismica

Pratica:

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 Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.377

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
TMS1	25.00	32.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....	1
Numero totale superfici di prova.....	500
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....	0.50
Angolo limite orario..... [°].....	1.00
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 - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità