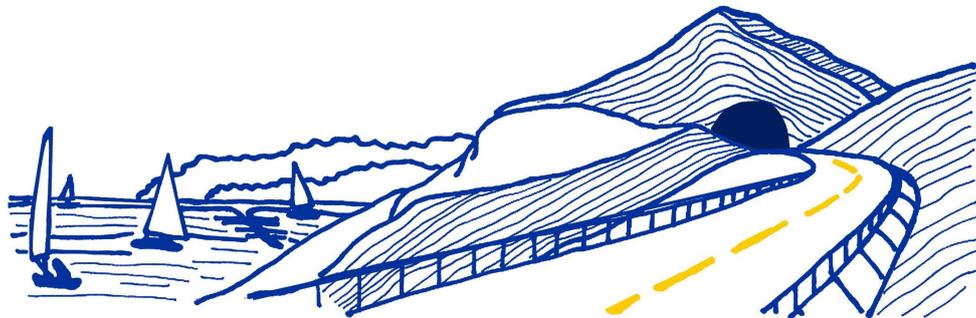


**VARIANTE ALLA S.S.1 AURELIA (AURELIA BIS)
VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA
INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 E IL PORTO DI LA SPEZIA
3° LOTTO TRA FELETTINO E IL RACCORDO AUTOSTRADALE**

PROGETTO ESECUTIVO DI STRALCIO E COMPLETAMENTO C - 3° TRATTO

PROGETTO ESECUTIVO

GE265



VISTO: IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE
DELL'INTEGRAZIONE DELLE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

PROGETTISTA SPECIALISTA

IL COORDINATORE DELLA
SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio CARDONE

Ing. Alessandro RODINO

Ing. Paolo Alberto COLETTI

Dott. Domenico TRIMBOLI

**OPERE MINORI
OPERE DI SOSTEGNO: MURI
ASSE PRINCIPALE
MURO IN T.R. IN DX (MU41)
RELAZIONE DI CALCOLO**

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

0000_P01OM01STRRE01_A

DPGE0265 E 20

CODICE ELAB. P01OM01STRRE01

A

-

C

B

A

EMISSIONE

Marzo 2021

M. Barale

A. Rodino

D. Morgera

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE	pag.
1. PREMESSA	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
3. GENERALITÀ.....	4
4. MATERIALI IMPIEGATI.....	6
5. PROCEDIMENTO E TEORIA DI CALCOLO	7
6. DESCRIZIONE E CALCOLO DELLE OPERE IN PROGETTO	9
7. REQUISITI RICHIESTI PER IL RILEVATO	10
8. COMPATTAZIONE	11
9. IPOTESI DI CALCOLO	12
10. ALLEGATO A	13
11. ALLEGATO B	21

1. Premessa

La presente Relazione viene redatta nell'ambito del Contratto applicativo per la progettazione esecutiva dell'intervento S.S. 1 "Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Aurelia (Aurelia bis), viabilità di accesso all'HUB portuale di La Spezia, interconnessione tra i caselli della A 12 e il porto di La Spezia – 3. lotto tra Felettino ed il raccordo autostradale - Progetto Esecutivo di stralcio e completamento C – 3. tratto".

Lo "Stralcio C" inizia appena prima della spalla Nord del Viadotto "San Severio II", indicativamente alla Progressiva km 2+780 (ex Sez. N. 140).

Nella progettazione delle opere e parti d'opera da realizzare, non si sono potuti apportare modifiche sostanziali alle opere così come precedentemente progettate ed autorizzate in sede di approvazione della Progettazione Definitiva e successivamente progettate nella sede della Progettazione Esecutiva e Costruttiva trasmesse da ANAS SpA.

Nella presente relazione si riportano i calcoli di verifica del massiccio in terra rinforzata denominato MU41, situato lungo l'Asse Principale nel tratto tra l'imbocco Nord della Galleria Fornaci I e l'imbocco Sud della Galleria Felettino III.

2. Normativa di riferimento

Con riferimento al quadro normativo di riferimento progettuale per le strutture, si evidenzia che, il D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”, prevede, all’Art. 2 “Ambito di applicazione e disposizioni transitorie”, che *“per le opere pubbliche o di pubblica utilità in corso di esecuzione, per i contratti pubblici di lavori già affidati, nonché per i progetti definitivi o esecutivi già affidati prima della data di entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni, si possono continuare ad applicare le previgenti norme tecniche per le costruzioni fino all’ultimazione dei lavori ed al collaudo statico degli stessi”*.

Pertanto, essendo l’attività da svolgere il progetto di completamento di opere già parzialmente realizzate il riferimento normativo di riferimento restano le Norme tecniche per le costruzioni» di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008.

Per quanto sopra la normativa di riferimento per il calcolo e la verifica delle strutture risulta essere la seguente:

- Decreto 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 617 del 2 Febbraio 2009 - “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 Gennaio 2008”.
- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Circolare Ministero dei Lavori pubblici 14 febbraio 1974, n.11951 – Applicazione delle norme sul cemento armato.
- Eurocodici UNI EN 1990:2006; UNI EN 1991; UNI EN 1992; UNI EN 1993; UNI EN 1994; UNI EN 1997; UNI EN 1998
- Calcestruzzo - specificazione, prestazione, produzione e conformità (UNI EN 2061:2006);
- UNI EN 1992-1-1:2005 - EC 2: PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI CALCESTRUZZO;
- D.M. LL. PP. 11 marzo 1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988, N. 30483 - Circolare Ministero Lavori Pubblici 9 gennaio 1996, N. 218/24/3).
- D.M. LL. PP. 14 febbraio 1992 “Norme tecniche per l’esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 giugno 1993, N. 37406/STC).

- D.M. LL. PP. 9 gennaio 1996 “Norme tecniche per il calcolo, l’ecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 15 ottobre 1996, N. 252).
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 “Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi»” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 4 luglio 1996, N. 156AA.GG./STC).
- Legge 2 Febbraio 1974 n° 64 - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 10 aprile 1997, N. 65/AA.GG.).
- Ordinanza n. 3274 20 marzo 2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e s.m.i.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri – Ordinanza n. 3519 del 28 Aprile 2006 - “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.

3. Generalità

È definita come opera in terra rinforzata, o massiccio in terra rinforzata, una struttura atta al contenimento o alla stabilizzazione di una scarpata costituita, essa stessa, da terreno e da elementi di rinforzo di forma e materiale opportuno, capaci di assorbire sforzi di trazione. Tali elementi vengono di solito disposti lungo piani di posa orizzontali durante il riempimento e la compattazione del rilevato di terra, che avviene per strati successivi.

Così facendo, il regime di sollecitazioni che s'instaura nel rilevato strutturale con l'aumentare dei carichi, sono tali da mobilitare la resistenza a trazione del rinforzo in virtù della propria aderenza per attrito con il terreno.

Il terreno che costituisce il rilevato strutturale, invece, offrirà il suo contributo di resistenza alla compressione per effetto dei carichi verticali.

Nella progettazione di queste strutture è pertanto necessario individuare correttamente i meccanismi di rottura potenziali nel terreno al fine di valutare il contributo di stabilità offerto dalla presenza dei rinforzi.

Un corretto dimensionamento di una struttura in terra rinforzata implica pertanto una scelta corretta della lunghezza e della spaziatura verticale dei rinforzi necessarie a garantire la stabilità, noti che siano i parametri geotecnici del rilevato strutturale (angolo d'attrito, peso specifico) e le caratteristiche meccaniche dei rinforzi (carico rottura, coeff. aderenza terreno).

I meccanismi di scivolamento schematizzati nel calcolo saranno in generale diversi secondo le caratteristiche dei rinforzi e soprattutto della geometria e della stratigrafia della scarpata.

Sono definiti muri di sostegno o altre strutture miste ad essi assimilabili:

- muri, per i quali la funzione di sostegno è affidata al peso proprio del muro e a quello del terreno direttamente agente su di esso (ad esempio muri a gravità, muri a mensola, muri a contrafforti);
- strutture miste, che esplicano la funzione di sostegno anche per effetto di trattamenti di miglioramento e per la presenza di particolari elementi di rinforzo e collegamento (ad esempio, ture, terra rinforzata, muri cellulari).

Le verifiche di equilibrio limite ultimo richiedono il rispetto della condizione:

$$Ed < Rd$$

Ed = azioni o effetto delle azioni di progetto

Rd = azioni o effetto delle azioni resistenti del sistema geotecnico

In entrambi i termini:

- le azioni si moltiplicano per il coefficienti γ_f
- i parametri geotecnici si dividono per i coefficienti γ_m
- in più la resistenza globale si divide per i coefficienti γ_r (che sono in pratica coefficienti di sicurezza globale: $R/E > \gamma_r$)

Le verifiche da effettuare sono:

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

4. Materiali impiegati

Terra rinforzata in rete metallica a doppia torsione con paramento rinverdibile

Elementi di armatura planari orizzontali, costituiti da rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10 in accordo con le UNI-EN 10223-3, tessuta con trafilato di ferro, conforme alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri, avente carico di rottura compreso fra 350 e 500 N/mm² e allungamento minimo pari al 10%, avente un diametro pari a 2.20/2.70 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) – Cerio - Lantanio conforme alla EN 10244 – Classe A con un quantitativo non inferiore a 245 gr/mq. L'adesione della galvanizzazione al filo dovrà essere tale da garantire che avvolgendo il filo sei volte attorno ad un mandrino avente diametro 4 volte maggiore, il rivestimento non si crepa e non si sfalda sfregandolo con le dita. La galvanizzazione inoltre dovrà superare un test di invecchiamento accelerato in ambiente contenente anidride solforosa (SO₂) secondo la normativa UNI ISO EN 6988 (KESTERNICH TEST) per un minimo di 28 cicli. Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico di colore grigio che dovrà avere uno spessore nominale non inferiore a 0,5 mm, portando il diametro esterno ad almeno 3,20/3.7 mm. Ogni singolo elemento è provvisto di barrette di rinforzo in lega eutettica Zinco - Alluminio (5%) – Cerio - Lantanio e plasticate di diametro 3,40 mm interno e 4,40 mm esterno, inserite all'interno della doppia torsione delle maglie, nella parte di rete che è risvoltata in corrispondenza del paramento. Il paramento in vista sarà provvisto inoltre di un elemento di irrigidimento interno assemblato in fase di produzione in stabilimento, costituito da un pannello di rete elettrosaldato con maglia 15X15 cm e diametro 8 mm e da un geocomposito antiersivo in fibra naturale o sintetica.

5. Procedimento e teoria di calcolo

L'esame delle condizioni di stabilità dei rilevati viene condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante un programma di calcolo denominato MacStarWin cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. In particolare in questa sede si fa riferimento al metodo di BISHOP modificato che prevede l'utilizzo di superfici di scorrimento circolari.

Per tutti i dettagli teorici si rimanda al manuale di calcolo allegato

Il contributo dei teli di rinforzo viene introdotto nel calcolo solo se essi intersecano la superficie di scivolamento. La resistenza a trazione nei rinforzi può mobilizzarsi per l'aderenza tra il rinforzo stesso ed i materiali (terreno o altri rinforzi) che si trovano sopra e/o sotto.

Tale contributo viene simulato con una forza stabilizzante diretta verso l'interno del rilevato applicata nel punto di contatto tra superficie di scorrimento e rinforzo stesso. Il modulo di tale forza è determinata scegliendo il minore tra il valore della resistenza a rottura del rinforzo ed il valore della resistenza allo sfilamento del rinforzo nel tratto di ancoraggio o nel tratto interno alla porzione di terreno instabile.

Per tenere conto dell'effetto dei rinforzi è stato implementato un modello di comportamento rigido. Nel modello rigido si ipotizza che un qualsiasi rinforzo, che attraversi la superficie di potenziale scorrimento analizzata, fornisca la forza di rottura del rinforzo penalizzata del relativo coefficiente di sicurezza, indipendentemente dai valori di rigidezza dei rinforzi stessi. Per ciascun rinforzo devono essere verificate le seguenti condizioni:

deve essere garantito un ancoraggio minimo;

deve essere garantito lo sfilamento nella zona di ancoraggio;

deve essere garantito lo sfilamento all'interno della porzione di terreno instabile.

Nel primo caso una lunghezza di ancoraggio inferiore al minimo stabilito comporta l'annullamento completo della trazione nel rinforzo. Nel secondo e terzo caso la trazione nel rinforzo viene limitata al minore dei due valori di sfilamento.

Ai fini del calcolo strutturale si è tenuto conto che si tratta di un'opera permanente per cui si è fatto riferimento alle prestazioni a lungo termine dei materiali metallici e geosintetici; a tale proposito il parametro più complicato da individuare è la resistenza di lavoro, per la quale le diverse normative possono indicare metodologie differenti per la definizione. Mancando in Italia uno specifico riferimento normativo, la stima della resistenza di lavoro degli elementi di rinforzo è stata determinata facendo riferimento allo schema illustrato di seguito in Figura 1 che la normativa inglese BS8006 prescrive per i rinforzi in genere.

La resistenza di lavoro è designata T_d ed è tale che:

$$T_d = T_b / f_m$$

$F_m = 1.44$ è il fattore di sicurezza complessivo che consente di passare dalla resistenza a trazione nominale T_b a quella di lavoro. T_b è calcolato per una data deformazione massima ammissibile durante la vita di progetto; per le opere in terra rinforzata le deformazioni massime ammissibili nei rinforzi sono dell'ordine del 5.5-6.5 %. Ciò significa che per la rete metallica a doppia torsione, non subendo gli effetti del creep ed avendo una resistenza a rottura pari a 50,11 kN/m con deformazioni inferiori al 5%, tale resistenza può essere assunta come resistenza a trazione nominale.

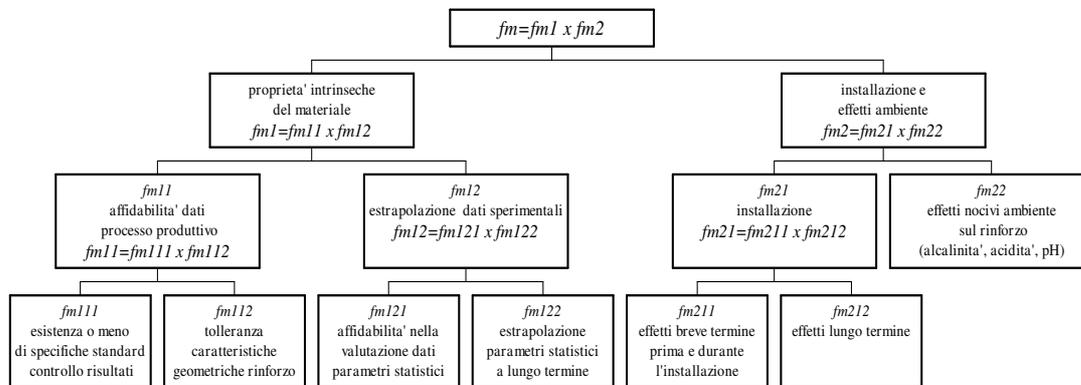


Figura 1 – Definizione del fattore di sicurezza per il calcolo della resistenza di lavoro.

1 – Resistenza nominale, T_B

Per il valore di T_B , resistenza nominale del rinforzo, ci si è basati sulle prove di trazione eseguite al CTC, Denver - Stati Uniti in accordo all'ASTM A-975, ed è stato trovato il seguente valore medio:

$$T_B = 50.11 \text{ kN/m}$$

2 - Fattore di sicurezza del materiale, f_m

Il fattore f_m è calcolato su un numero di sotto-fattori:

$$f_m = f_{m11} \times f_{m12} \times f_{m21} \times f_{m22}$$

dove:

f_{m11} è un fattore riferito al processo manifatturiero

f_{m12} è un fattore riferito all'estrapolazione dei dati

f_{m21} è un fattore riferito al danneggiamento causato ai prodotti durante il processo dell'installazione

f_{m22} è un fattore riferito agli effetti dell'ambiente sui prodotti.

6. Descrizione e calcolo delle opere in progetto

Le opere in progetto sono di sottoscarpa al corpo stradale dello svincolo “San Venerio” e hanno un’altezza variabile fino a circa 6,08 m.

La procedura che si è seguita è la creazione di una serie di VERIFICHE, con le seguenti combinazioni:

- Verifiche statiche: Approccio 1

Stabilità Globale $FS > 1,1$; Scorrimento e Portanza della fondazione $FS > 1$

Approccio 1: Stabilità globale Combinazione (M2+A2+R2)

Scorrimento e carico limite fondazione Combinazione (M1+A1+R3)

Ribaltamento Combinazione (EQU+M2)

Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali (Stabilità interna). Per le verifiche degli elementi strutturali il coefficiente γ_r non deve essere tenuto in conto e quindi $FS > 1$

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

- Verifiche sismiche: Approccio 1

Stabilità Globale $FS > 1,1$; Scorrimento $FS > 1,0$ e Portanza della fondazione $FS > 1,0$

Ribaltamento $FS > 1$

Approccio 1: Stabilità globale Combinazione (M2+R2 - +kh/+kv)

Scorrimento e carico limite fondazione Combinazione (M1+R3 - +kh/-kv)

Ribaltamento Combinazione (EQU+M2)

Cioè le verifiche sismiche si devono eseguire applicando i soli fattori riduttivi dei parametri geotecnici (M2) e Verificando coefficienti di sicurezza di stabilità globale (R2) pari a 1,0, ribaltamento pari a 1, capacità portante pari a 1,0 e scorrimento pari a 1,0.

Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali (Stabilità interna). Per le verifiche degli elementi strutturali il coefficiente γ_r non deve essere tenuto in conto e quindi $FS > 1$

Approccio 1: Combinazione 1 di carico (M1+R1- +kh/-kv).

7. Requisiti richiesti per il rilevato

Il terreno di riempimento che costituisce il rilevato strutturale dell'opera, potrà provenire sia da scavi precedentemente eseguiti sia da cave di prestito e facendo riferimento alle classificazioni riportate alle Norme UNI 10006 dovrà appartenere ai A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 con esclusione di pezzature superiori a 150mm.

Il materiale con dimensioni superiori a 100 mm è ammesso con percentuale inferiore al 15% del totale. In ogni caso saranno esclusi elementi di diametro maggiore o uguale a 250mm (Fig.14) , e i materiali che, da prove opportune, presentino angoli d'attrito minori di quelli previsti in progetto.

Il peso di volume del terreno di riempimento, in opera compattato, dovrà essere superiore a 18-19 kN/m³.

Tale materiale sarà compattato fino a raggiungere il 95% della densità secca AASHTO (ASTMD1557).

8. Compattazione

Per tale operazione devono essere sottoposte alla preventiva approvazione del Committente, il tipo, le caratteristiche dei mezzi di compattazione, nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza).

In ogni modo, deve ritenersi esclusa la possibilità di compattazione con pale meccaniche. Nel caso in cui lo sviluppo planimetrico dei manufatti è modesto e gli spazi di lavoro disponibili sono esigui, si useranno mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e costipatori vibranti azionati a mano.

Ogni strato sarà messo in opera con un grado di compattazione pari al 95% del valore fornito dalle prove Proctor (ASTM D 1557).

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme. A tale scopo, i mezzi dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele, garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari al 10% del mezzo costipante.

La compattazione a tergo delle opere eseguite dovrà essere tale da escludere una riduzione dell'addensamento e nello stesso tempo il danneggiamento delle opere stesse. In particolare, si dovrà fare in modo che i compattatori operino ad una distanza non inferiore a m 0.50 dal paramento esterno.

Durante la costruzione si dovrà provvedere ad una manutenzione per rimediare eventuali danni causati dalle attività di cantiere oltre a quelli dovuti ad eventi meteorologici.

9. Ipotesi di calcolo

Il dimensionamento delle strutture in progetto è stato eseguito con riferimento a quanto riportato nelle seguenti tabelle ed eventualmente integrato e dettagliato nel proseguo del paragrafo.

Per le altezze delle sezioni di calcolo si rimanda ai relativi tabulati ed agli eventuali disegni acclusi alla presente nota oltre che alle tavole di progetto.

DATI GEOTECNICI	TERRA RINFORZATA	$\gamma_1 = 19 \text{ KN/mc}$	$\varphi_1 = 32^\circ$	$c'_1 = 0 \text{ KPa}$
	RILEVATO A TERGO	$\gamma_2 = 19 \text{ KN/mc}$	$\varphi_2 = 32^\circ$	$c'_2 = 0 \text{ KPa}$
	FONDAZIONE 1	$\gamma_3 = 19 \text{ KN/mc}$	$\varphi_3 = 28^\circ$	$c'_3 = 0 \text{ KPa}$
CARICHI ACCIDENTALI ESTERNI	STATICO	20 kPa		
	SISMICO	$K_v = 0,055 - K_h = 0,028$		

La veridicità dei dati geotecnici in fase esecutiva deve essere verificata attraverso prove di laboratorio e di cantiere. Sarà compito della DD.LL. verificare che i materiali posti in opera corrispondono a quelli di progetto, al fine di assicurare, nella costruzione dei rilevati, i coefficienti di sicurezza previsti.

10. Allegato A

MacStARS W – Rel. 3.0

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

Officine Maccaferri S.P.A.

Progetto..:

Sezione...:

Località...:

Pratica.....:

File.....: sez_tmv_sis

Data.....:

Verifiche condotte in accordo alla normativa : Norme tecniche per le costruzioni
D.M. 14/01/2008

Verifiche nei confronti dello SLU

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : S1 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.....[°].....: 32.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 19.00

Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 19.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : S2 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].....: 19.00

Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 19.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI

Strato: PC Descrizione:

Terreno : S2

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	20.00	0.00				

BLOCCHI RINFORZATI

Blocco : TMV1

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 5.00 Altezza.....= 3.04

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 5.00 Ordinata.....= -0.75

Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia
 Rilevato strutturale.....: S1
 Terreno di riempimento a tergo.....: S1
 Terreno di copertura.....: S1
 Terreno di fondazione.....: S1

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76
 Lunghezza.....[m].....= 5.00
 Interasse.....[m].....= 0.76
 Risvolto.....[m].....= 0.65

Blocco : TMV2

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 4.00 Altezza.....= 3.04
 Arretramento.....[m].....= 0.00 da TMV1
 Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo....: Sabbia
 Rilevato strutturale.....: S1
 Terreno di riempimento a tergo.....: S1
 Terreno di copertura.....: S1
 Terreno di fondazione.....: S1

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76
 Lunghezza.....[m].....= 4.00
 Interasse.....[m].....= 0.76
 Risvolto.....[m].....= 0.65

CARICHI

Pressione : CS

Descrizione :

Classe : Permanente - favorevole
 Intensità.....[kN/m²].....= 10.00 Inclinazione.....[°].....= 0.00
 Ascissa.....[m] : Da = 10.00 To = 20.00

Sisma :

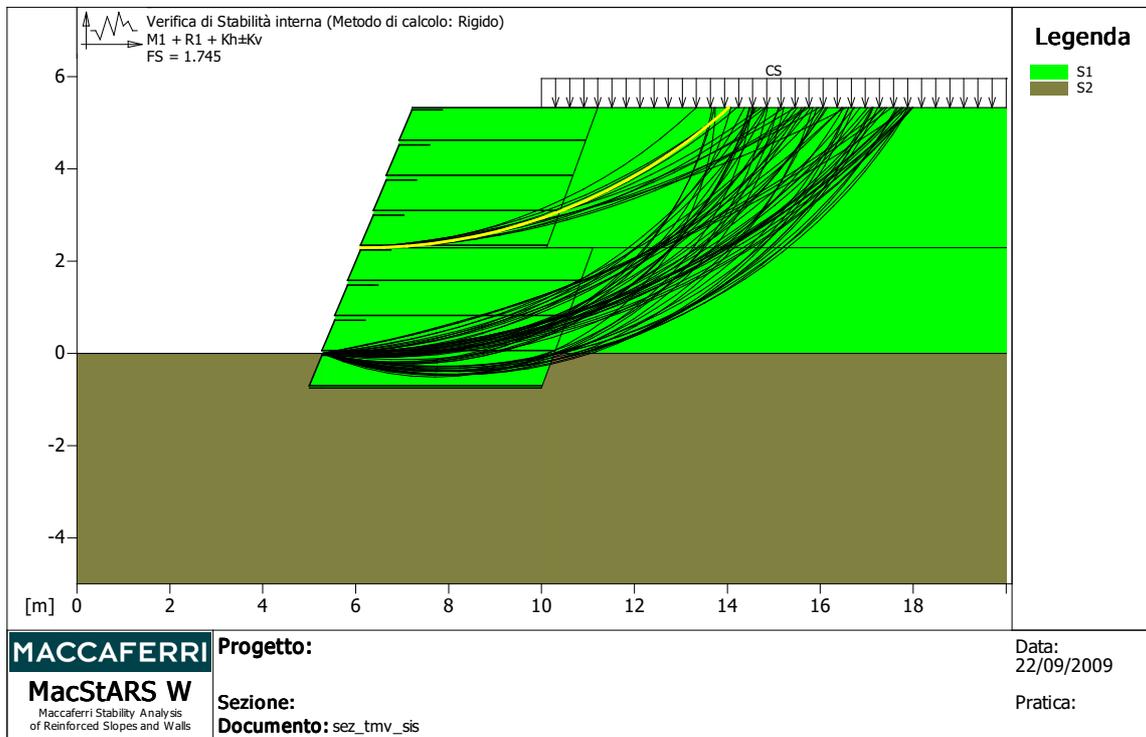
Classe : Sisma
 Accelerazione.....[m/s²].....: Orizzontale..= 0.55 Verticale..= 0.27

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76

Carico di rottura Nominale..... [kN/m].....	:	50.11
Rapporto di Scorrimento plastico.....	:	2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico..... [m ³ /kN].....	:	1.10e-04
Rigidezza estensionale..... [kN/m].....	:	500.00
Lunghezza minima di ancoraggio..... [m].....	:	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....	:	1.44
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....	:	1.30
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....	:	1.30
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.30
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



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R1 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.745

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
TMV1	Primo punto	Secondo punto
	11.00	18.00

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

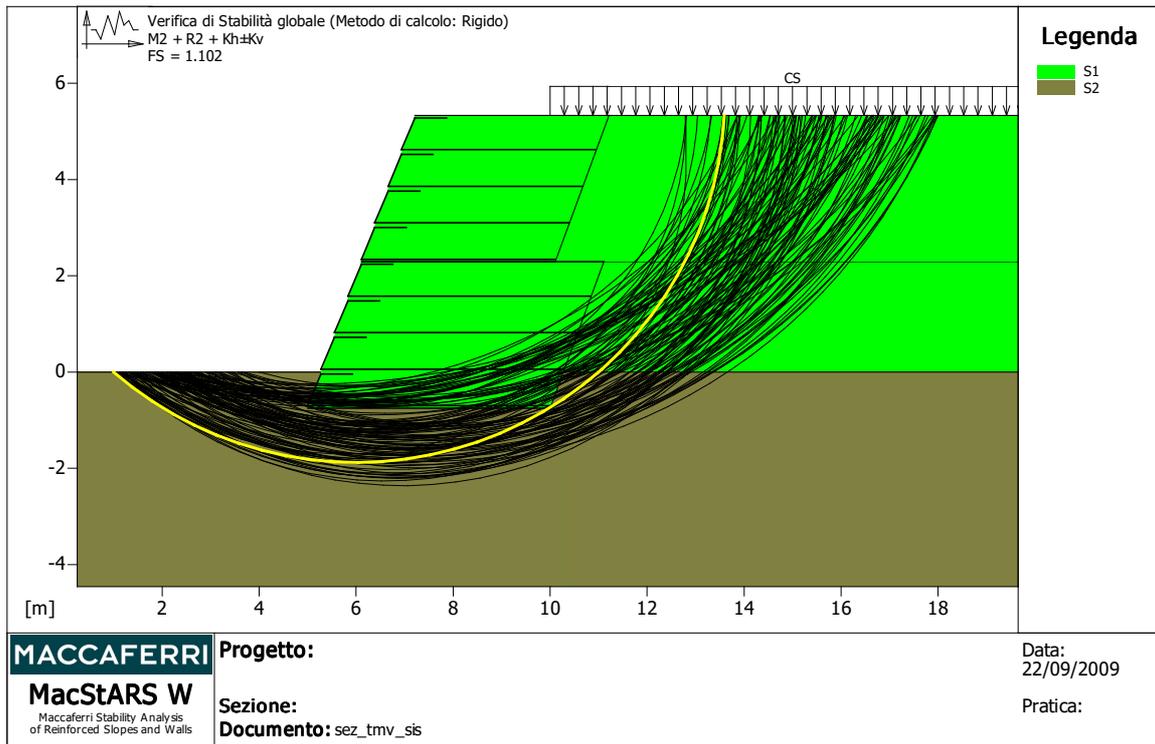
Numero totale superfici di prova.....: 500

Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50

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

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

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità



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

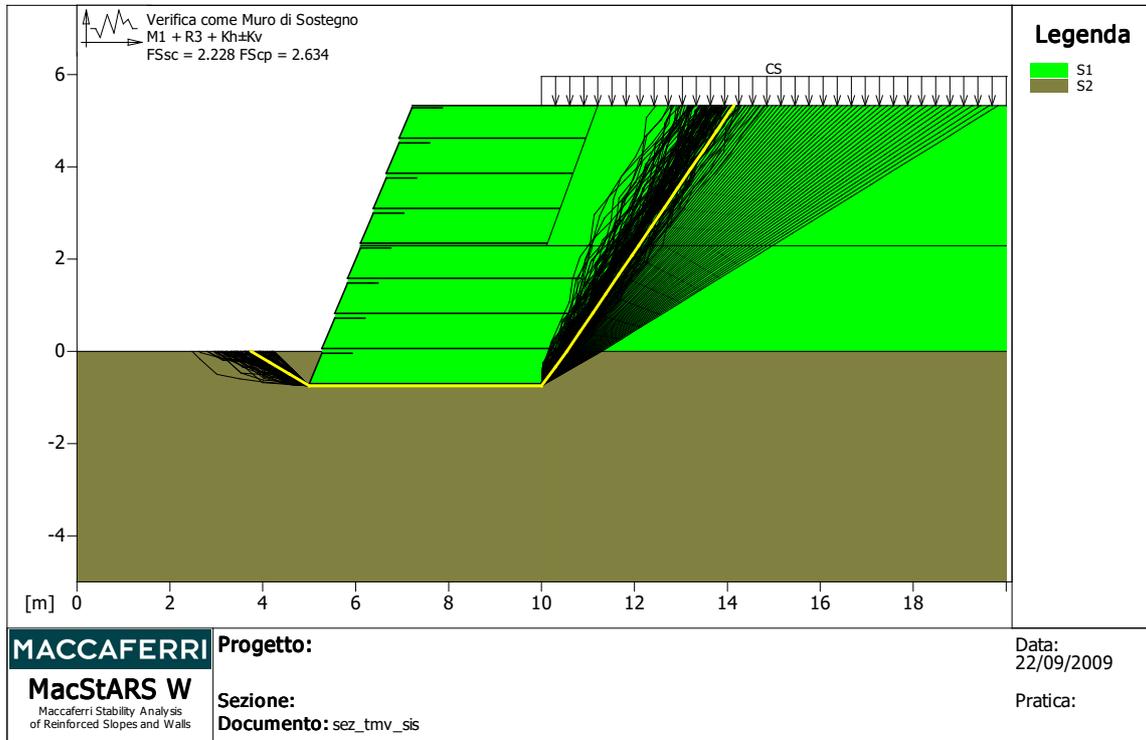
Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.102

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
1.00	4.00	11.00	18.00
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	Permanente - favorevole
1.00	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	Fs Rottura Rinforzi

1.00 Fs Sfilamento Rinforzi
1.10 Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : TMV1

Forza Stabilizzante.....[kN/m]..... : 291.04

Forza Instabilizzante.....[kN/m]..... : 118.74

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento..... : 2.228

Pressione Ammissibile.....[kN/m²]..... : 413.08

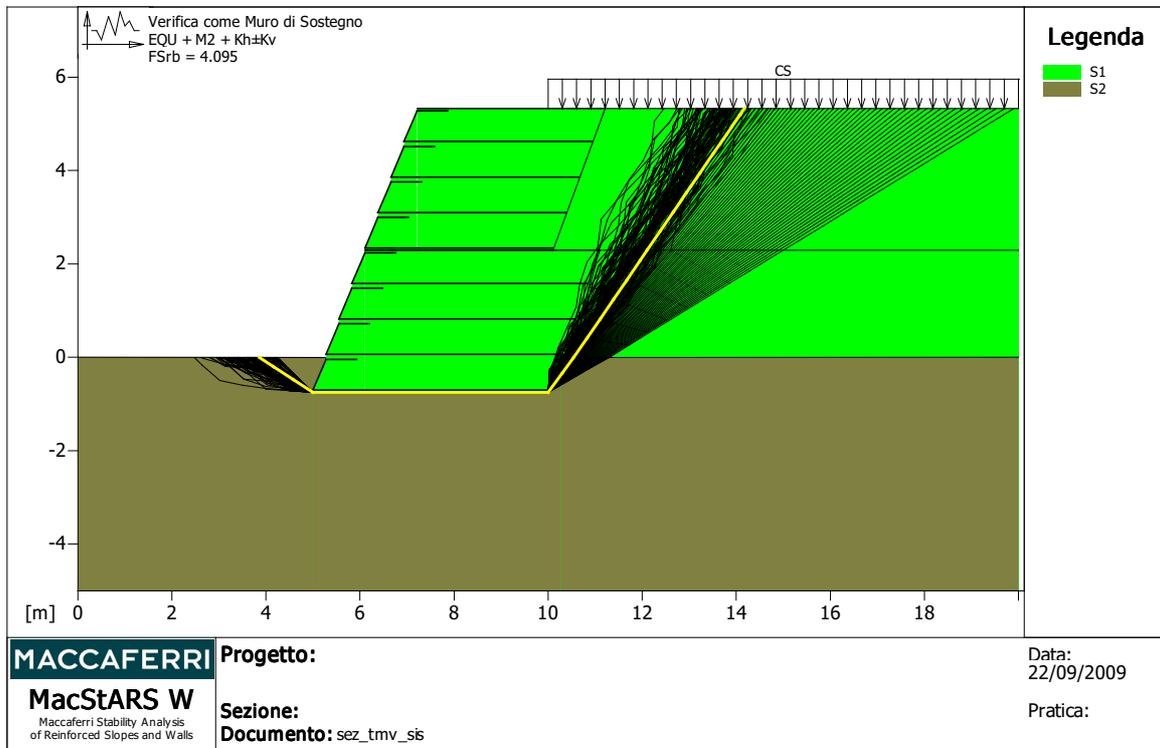
Pressione massima agente.....[kN/m²]..... : 112.02

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante..... : 2.634

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi

1.10 Coeff. parziale R - Scorrimento
1.40 Coeff. parziale R - Capacità portante



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : TMV1

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]..... : 1959.30

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]..... : 478.46

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento..... : 4.095

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

11. Allegato B

MacStARS W – Rel. 3.0

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

Officine Maccaferri S.P.A.

Progetto..:

Sezione...:

Località...:

Pratica...:

File.....: sez_tmw_stat

Data.....:

Verifiche condotte in accordo alla normativa : Norme tecniche per le costruzioni
D.M. 14/01/2008

Verifiche nei confronti dello SLU

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : S1 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.....[°].....: 32.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 19.00

Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 19.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : S2 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].....: 19.00

Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 19.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : S3 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.....[°].....: 32.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 22.00

Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 22.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : S4 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.....[°].....: 32.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 24.00

Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 24.00

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI

Strato: PC Descrizione:

Terreno : S2

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	20.00	0.00				

BLOCCHI RINFORZATI

Blocco : TMV1

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 5.00 Altezza.....= 3.04

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 5.00 Ordinata.....= -0.75

Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia

Rilevato strutturale.....: S1

Terreno di riempimento a tergo.....: S1

Terreno di copertura.....: S1

Terreno di fondazione.....: S1

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76

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

Interasse.....[m].....= 0.76

Risolto.....[m].....= 0.65

Blocco : TMV2

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 4.00 Altezza..... = 3.04
 Arretramento.....[m]..... = 0.00 da TMV1
 Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Sabbia
 Rilevato strutturale.....: S1
 Terreno di riempimento a tergo.....: S1
 Terreno di copertura.....: S1
 Terreno di fondazione.....: S1

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76
 Lunghezza.....[m]..... = 4.00
 Interasse.....[m]..... = 0.76
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

CARICHI

Pressione : CS

Descrizione :

Classe : Permanente - favorevole
 Intensità.....[kN/m²]..... = 20.00 Inclinazione.....[°]..... = 0.00
 Ascissa.....[m] : Da = 10.00 To = 20.00

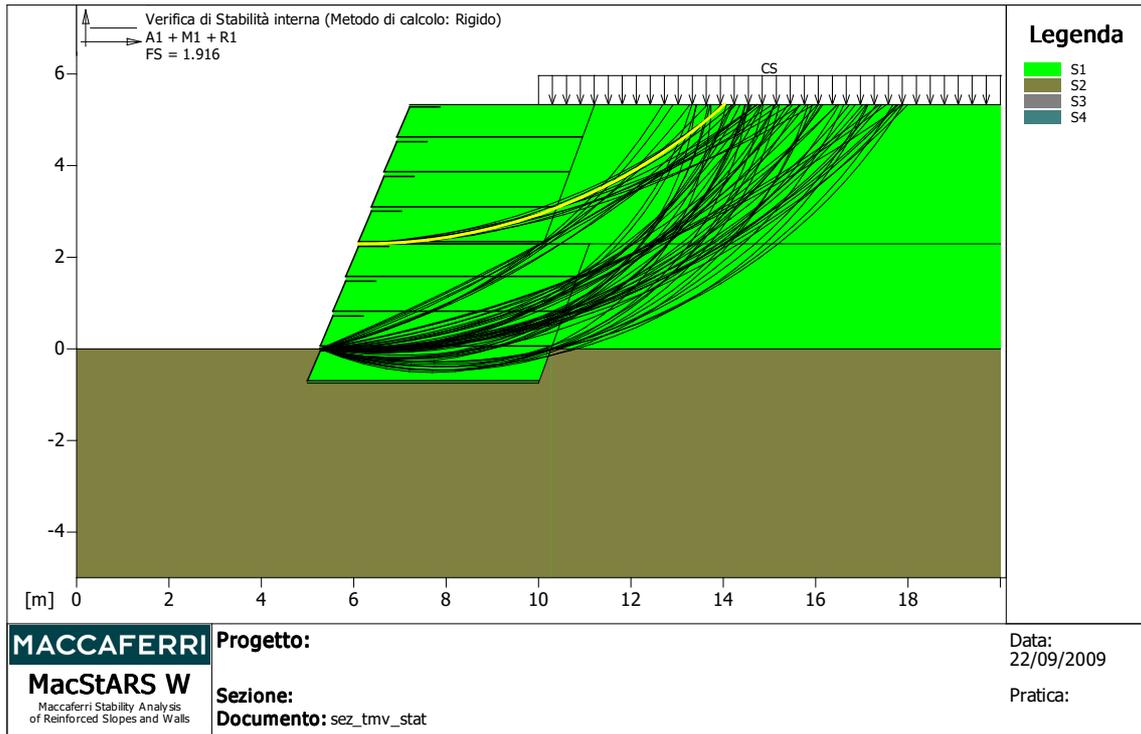
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76

Carico di rottura Nominale.....[kN/m].....:	50.11
Rapporto di Scorrimento plastico.....:	2.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m ³ /kN].....:	1.10e-04
Rigidità estensionale.....[kN/m].....:	500.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m].....:	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....:	1.44
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....:	1.30
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....:	1.30
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....:	1.30
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



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R1

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

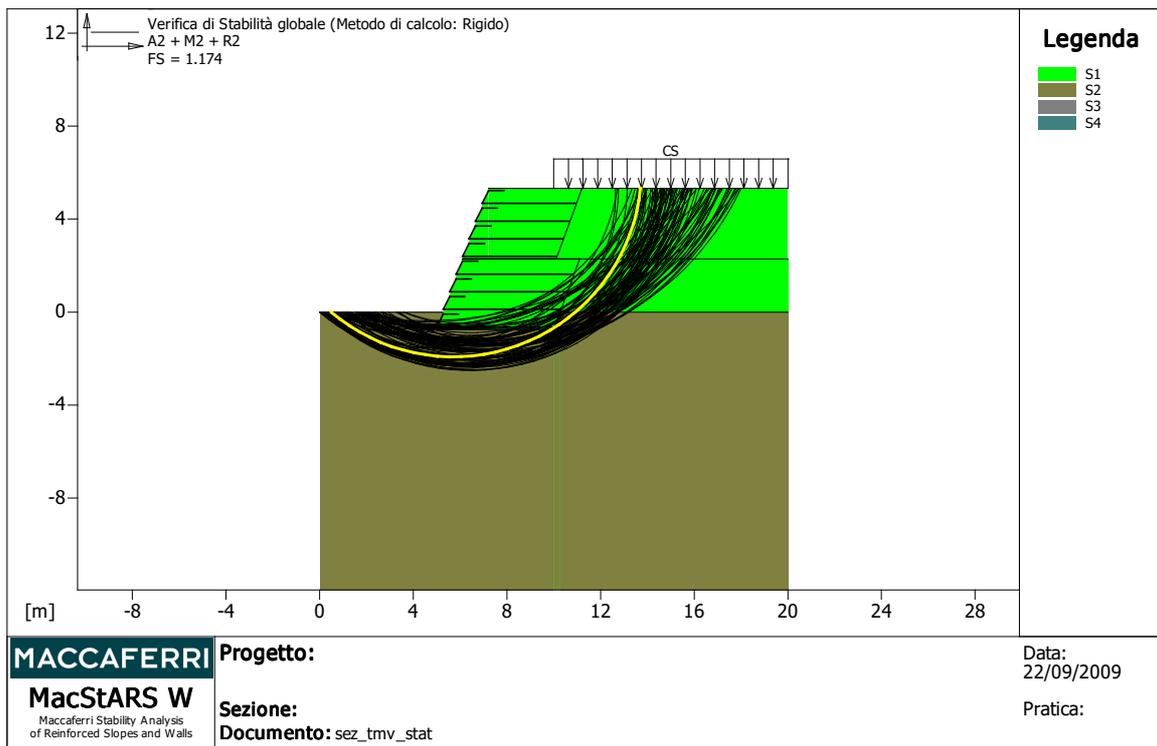
Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.916

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
TMV1	Primo punto	Secondo punto
	11.00	18.00
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	[°] :	0.00
Angolo limite antiorario	[°] :	0.00

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità



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.....: 1.174

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]

Segmento di arrivo, ascisse [m]

Primo punto

Secondo punto

Primo punto

Secondo punto

0.00

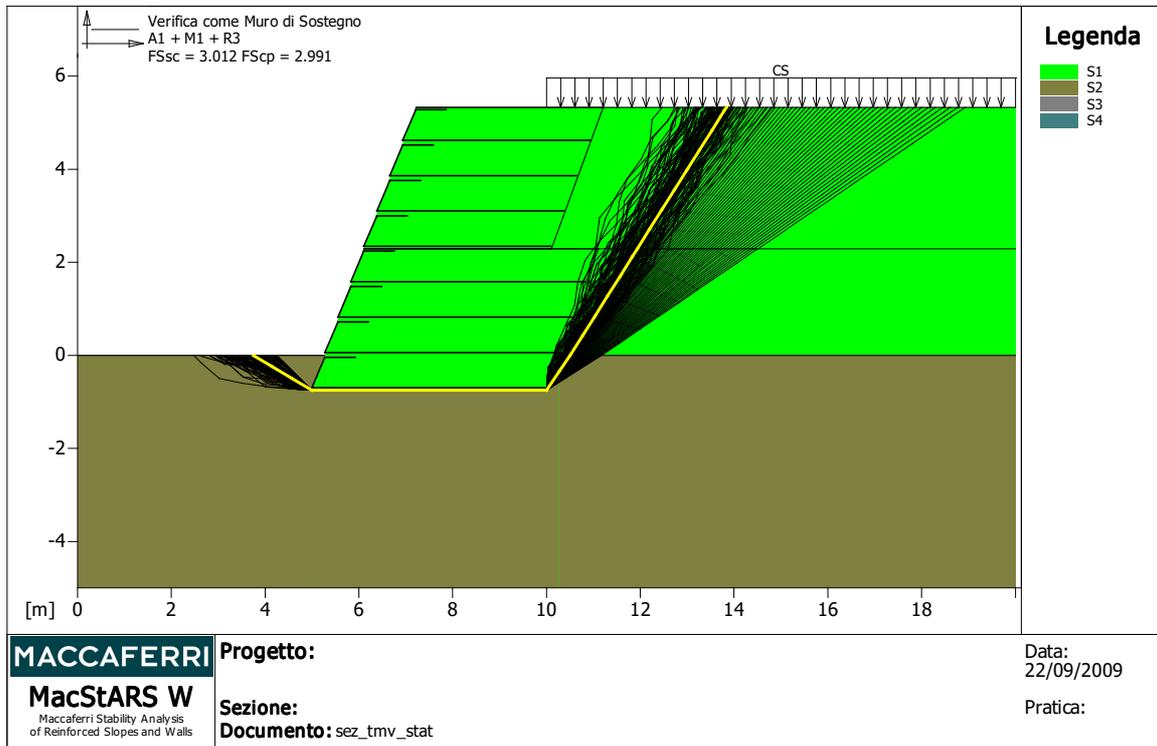
4.00

11.00

18.00

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	Permanente - favorevole
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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : TMV1

Forza Stabilizzante..... [kN/m] : 305.69

Forza Instabilizzante..... [kN/m] : 92.25

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento..... : 3.012

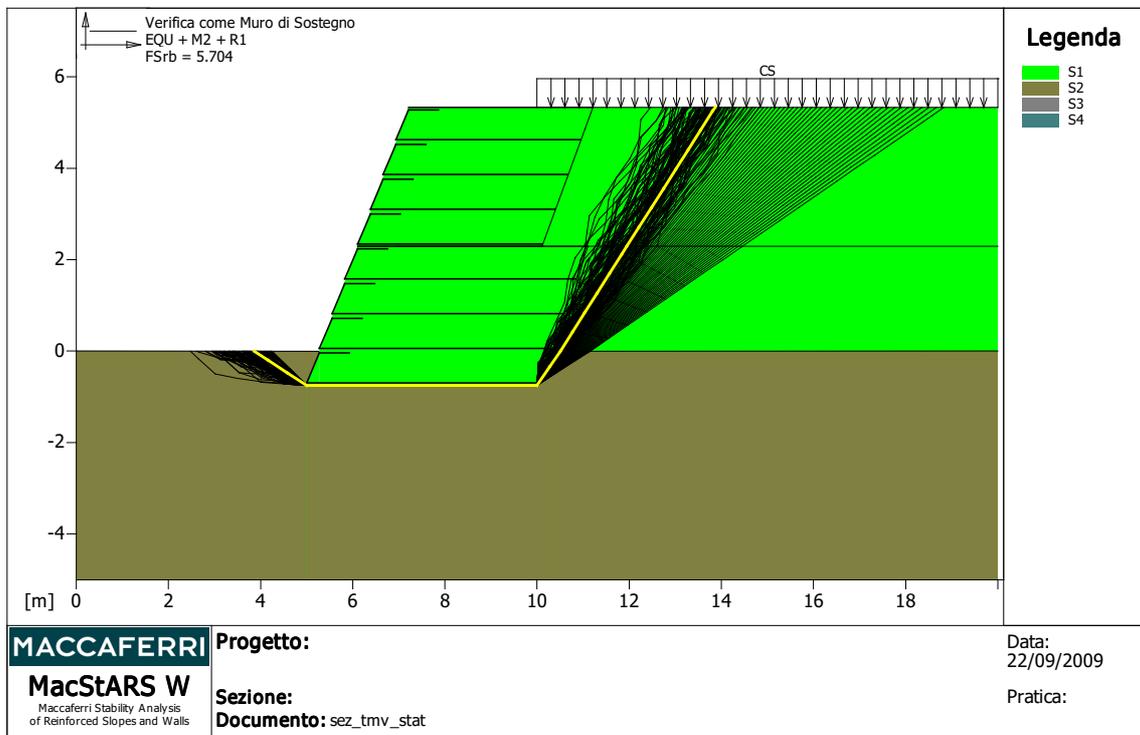
Pressione Ammissibile..... [kN/m²] : 487.66

Pressione massima agente.....[kN/m²].....: 116.46

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 2.991

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
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	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.40	Coeff. parziale R - Capacità portante



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + R1

Stabilità verificata sul blocco : TMV1

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 1824.50

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 319.90

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

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 5.704

Fattore	Classe
0.90	Permanente - favorevole

1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
0.90	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento