

ITINERARIO RAGUSA-CATANIA

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 1 - Dallo svincolo n. 1 sulla S.S. 115 (compreso) allo svincolo n. 3 sulla S.P. 5 (escluso)

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PA895**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Marco Leonardi

Ordine dei Geologi della Regione Lazio n° 1541

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Ambrogio Signorelli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n° A35111

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



Dott. Ing. N.Granieri
Dott. Ing. F.Durastanti
Dott. Ing. V.Truffini
Dott. Arch. A.Bracchini
Dott. Ing. L.Nani

Dott. Ing. M.Abram
Dott. Ing. F.Pambianco
Dott. Ing. M.Briganti Botta
Dott. Ing. L.Gagliardini
Dott. Geol. G.Cerquiglini

MANDANTI:



Dott. Ing. G.Guiducci
Dott. Ing. A.Signorelli
Dott. Ing. E.Moscatelli
Dott. Ing. A.Belà

Dott. Ing. G.Lucibello
Dott. Arch. G.Guastella
Dott. Geol. M.Leonardi
Dott. Ing. G.Parente



Dott. Arch. E.A.E.Crimi
Dott. Ing. M.Panfilì
Dott. Arch. P.Ghirelli
Dott. Ing. D.Pelle

Dott. Ing. L.Ragnacci
Dott. Arch. A.Strati
Archeol. M.G.Liseno



Dott. Ing. D.Carlaccini
Dott. Ing. S.Sacconi
Dott. Ing. C.Consorti

Dott. Ing. F.Aloe
Dott. Ing. A.Salvemini



Dott. Ing. V.Rotisciani
Dott. Ing. G.Pulli
Dott. Ing. F.Macchioni

Dott. Ing. G.Verini Supplizi
Dott. Ing. V.Piunno
Geom. C.Sugaroni



Dott. Ing. P.Agnello

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



OPERE DI SOSTEGNO

Muro in T.R. di sottoscarpa dal km 4+287 al km 4+351 - Carreggiata sinistra
Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T01OS54STRRE01C		
L O 4 0 8 Z	E	2 1 0 1	CODICE ELAB. T 0 1 O S 5 4 S T R R E 0 1	C	-
D					
C	Revisione a seguito di Rapporto di Verifica		Novembre 2021	A. Belà	A. Signorelli N. Granieri
B	Revisione a seguito istruttoria ANAS		Settembre 2021	M. Morigi	A. Signorelli N. Granieri
A	EMISSIONE		GIUGNO 2021	A. Loffredo	A. Signorelli N. Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

INDICE

1	GENERALITÀ	4
2	NORMATIVA E RIFERIMENTI	5
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	5
2.3	SOFTWARE UTILIZZATI	5
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
3.1	ELEMENTI DI RINFORZO – RETE METALLICA	6
3.2	ELEMENTI DI RINFORZO - GEOGRIGLIE	7
3.3	REQUISITI RICHIESTI PER IL RILEVATO STRUTTURALE	7
3.4	TERRE RINFORZATE – ACCIAIO PER CASSERO	7
3.5	TERRE RINFORZATE – RINFORZI IN RETE ESAGONALE	7
3.6	TERRE RINFORZATE - GEOGRIGLIE IN POLIESTERE AD ALTA TENACITÀ	7
4	ISTRUZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL RILEVATO STRUTTURALE	9
4.1	POSA DEGLI ELEMENTI DI RINFORZO	9
4.2	IDROSEMINA A SPESSORE	9
4.3	COMPATTAZIONE	10
4.4	CONDIZIONI CLIMATICHE	10
4.5	EVENTUALI RILEVATI DI PROVA	11
4.6	PROVE DI CONTROLLO	11
5	VITA NOMINALE, CLASSE D’USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	12
6	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	13
6.1	STRATIGRAFIA DI CALCOLO	13
6.2	PARAMETRI GEOTECNICI	14
7	AZIONI DI CALCOLO	15
7.1	AZIONI PERMANENTI	15
7.1.1	Peso proprio	15
7.1.2	Spinta delle terre	15
7.2	AZIONI VARIABILI	15
7.2.1	Sovraccarico uniforme	15
7.3	AZIONI SISMICHE	15
8	COMBINAZIONI DI CARICO E VERIFICHE	17

8.1	COMBINAZIONI DI CARICO	17
8.2	VERIFICA ALLO SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA (GEO).....	18
8.3	VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU).....	18
8.4	VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE (GEO)	18
8.5	RESISTENZA A ROTTURA DI ESERCIZIO DEI RINFORZI (GEOGRIGLIE)	19
8.6	RESISTENZA ALLO SFILAMENTO DEL RINFORZO (PULL-OUT)	19
8.7	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE E DI STABILITÀ INTERNA (GEO)	20
8.8	VERIFICA DI ESERCIZIO (SLE)	22
9	SOLUZIONE PROGETTUALE.....	24
10	VERIFICHE MURO IN TERRA RINFORZATA.....	25
10.1	SEZIONE KM 4+281 – CONDIZIONI STATICHE.....	25
10.1.1	Caratteristiche geotecniche dei terreni.....	25
10.1.2	Profili stratigrafici.....	26
10.1.3	Blocchi rinforzati	26
10.1.4	Carichi.....	28
10.1.5	Proprieta' dei rinforzi utilizzati	28
10.1.6	Verifiche.....	30
10.2	SEZIONE KM 4+281 – CONDIZIONI SISMICHE.....	35
10.2.1	Caratteristiche geotecniche dei terreni.....	35
10.2.2	Profili stratigrafici.....	37
10.2.3	Blocchi rinforzati	37
10.2.4	Carichi	39
10.2.5	Proprieta' dei rinforzi utilizzati	39
10.2.6	Verifiche.....	40
10.3	SEZIONE KM 4+326 – CONDIZIONI STATICHE.....	45
10.3.1	Caratteristiche geotecniche dei terreni.....	45
10.3.2	Profili stratigrafici.....	46
10.3.3	Blocchi rinforzati	46
10.3.4	Carichi	49
10.3.5	Proprieta' dei rinforzi utilizzati	49
10.3.6	Verifiche.....	50
10.4	SEZIONE KM 4+326 – CONDIZIONI SISMICHE.....	56
10.4.1	Caratteristiche geotecniche dei terreni.....	56

10.4.2	Profili stratigrafici.....	57
10.4.3	Blocchi rinforzati	57
10.4.4	Carichi	59
10.4.5	Proprieta' dei rinforzi utilizzati	60
10.4.6	Verifiche	61

1 GENERALITÀ

La presente relazione tecnica e di calcolo ha per oggetto l'esposizione delle scelte progettuali, dei criteri di calcolo e le verifiche dei muri in T.R. di sottoscarpa dal Km 4+287 al Km 4+351 - Carr. Sx relativi alla progettazione del Lotto 1 del "Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 di "Chiaromonte" con la SS115 e lo Svincolo della "Ragusana".

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).

Nel campo della geotecnica è definita come opera in terra rinforzata o pendio rinforzato, 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 terreno strutturale, che avviene per strati successivi.

Così facendo, il regime di sollecitazioni che s'instaura nel rilevato strutturale con l'aumentare dei carichi, è tale da mobilitare la resistenza a trazione dei rinforzi 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 i meccanismi di rottura potenziali nel terreno al fine di valutare il contributo di stabilità offerto dalla presenza dei rinforzi.

Il dimensionamento di una struttura in terra rinforzata implica pertanto la 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.

2 NORMATIVA E RIFERIMENTI

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le attività topografiche eseguite nell'ambito del progetto esecutivo del collegamento stradale Ragusa - Catania, hanno interessato diversi aspetti dell'argomento in oggetto, descritti brevemente di seguito.

La normativa cui viene fatto riferimento, nelle fasi di calcolo e progettazione, è la seguente:

- D.M. 14 gennaio 2008 – pubblicato su S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008, n. 29 – “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare n° 617 del 2 Febbraio 2009 “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per e costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- UNI EN 1992-1-1:2005: “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici”;
- UNI EN 1997-1:2005: "Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali";
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI 11104 marzo 2004 - Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.
- British Standard 8006:1995, “Code of practice for Strengthened/reinforced soils and fills”.
- Model Code 1990, CEB-FIP.

2.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Per il progetto dell'opera in esame si è fatto riferimento ai seguenti elaborati progettuali:

- Relazione Geologica;
- Relazione Geotecnica generale;
- Profili geotecnici.

2.3 SOFTWARE UTILIZZATI

Tutti i codici di calcolo automatico utilizzati per il calcolo e la verifica delle strutture sono di sicura ed accertata validità e sono impiegati conformemente alle loro caratteristiche.

Per i calcoli e le modellazioni di cui alla presente relazione sono impiegati i codici di calcolo brevemente descritti di seguito.

- Macstars W: codice di calcolo prodotto dalla MACCAFERRI in grado di eseguire le verifiche di stabilità e di corpo rigido per i blocchi in terra rinforzata;
- Slope/W Geostudio) per le verifiche di stabilità globale;

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 ELEMENTI DI RINFORZO – RETE METALLICA

La struttura di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdirente è realizzata in elementi marcati CE in accordo con la ETA 16/0767 per gli specifici impieghi come "sistemi in rete metallica per il rinforzo del terreno per opere di sostegno". La struttura è costituita da elementi di armatura planari orizzontali, larghi 3.0 m, in rete metallica a doppia torsione, realizzati 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" approvate dal Consiglio Superiore LL.PP. (n.69/2013), ed in accordo con la UNI EN 10223-3:2013.

La rete metallica a doppia torsione deve essere realizzata con maglia esagonale tipo 8x10 (UNI-EN 10223- 3), tessuta con filo in acciaio trafilato, avente un diametro pari 2.70 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), conforme all'EN 10244-2 (Classe A) con un quantitativo non inferiore a 245 g/mq.

Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico che dovrà avere uno spessore nominale di 0.50 mm, portando il diametro esterno al valore nominale di 3.70 mm. La resistenza del polimero ai raggi UV sarà tale che a seguito di un'esposizione di 2500 ore a radiazioni UV (secondo ISO 4892-2 o ISO 4892-3) il carico di rottura e l'allungamento a rottura non variano in misura maggiore al 25%.

La resistenza a trazione nominale della rete dovrà essere non inferiore a 50 kN/m (test eseguiti in accordo alla UNI EN 10223-3:2013).

La resistenza a trazione della rete nelle condizioni di progetto Td @120 anni e terreno di riempimento con dimensioni <38 mm e PH tra 3 e 13 dovrà essere superiore a 39,5 kN/m.

La rete una volta sottoposta al 50% del carico massimo a rottura per trazione pari a 25 kN/m, non dovrà presentare rotture del rivestimento plastico del filo all'interno delle torsioni.

Capacità di carico a punzonamento della rete dovrà essere non inferiore a 65 kN (test eseguiti in accordo alla UNI 11437 e alla ISO 17746).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in SO₂ (0,2 dm³ SO₂ per 2 dm³ acqua) tale per cui dopo 28 cicli la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 6988).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in test in nebbia salina tale per cui dopo 6000h la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 9227).

Ogni singolo elemento è provvisto di barrette di rinforzo galvanizzate con lega eutettica di Zinco – Alluminio (5%), con un quantitativo non inferiore a 265 g/mq e plasticate, aventi diametro pari a 3.40/4.40 mm e inserite all'interno della doppia torsione delle maglie, in corrispondenza dello spigolo superiore ed inferiore 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 elettrosaldata con diametro non inferiore a 6 mm e da un idoneo ritentore di fini. Il paramento sarà fissato con pendenza variabile, per mezzo di elementi a squadra realizzati in tondino metallico e preassemblati alla struttura. Gli elementi di rinforzo contigui saranno posti in opera e legati tra loro con punti metallici meccanizzati galvanizzati con Galmac lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) classe A secondo la UNI EN 10244-2, con diametro 3.00 mm e carico di rottura minimo pari a 1700 MPa.

Il Sistema Qualità della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 9001:2008 da un organismo terzo indipendente. Il Sistema di Gestione Ambientale della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 14001:2004 da un organismo terzo indipendente.

Le lunghezze dei rinforzi sono riportate negli elaborati grafici di dettaglio e nei tabulati di dimensionamento allegati.

3.2 ELEMENTI DI RINFORZO - GEOGRIGLIE

I rinforzi previsti per la realizzazione dei muri in terra rinforzata sono costituiti da geogriglie del tipo "Paragrid". Queste geogriglie sono costituite da due ordini di nastri tra loro saldati ortogonalmente così da ottenere una struttura di rinforzo a "griglia". I singoli nastri sono costituiti da filamenti di poliestere ad alta tenacità allineati ed incapsulati in una guaina protettiva di rivestimento di polietilene (LDPE).

3.3 REQUISITI RICHIESTI PER IL RILEVATO STRUTTURALE

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 ASTM D 3282 o 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 dovranno essere esclusi i materiali che, da prove opportune, presentino parametri geomeccanici (angoli d'attrito e coesione) 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.

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio.

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- prova di compattazione AASHTO.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa degli elementi di rinforzo, in relazione alle caratteristiche dei terreni utilizzati.

3.4 TERRE RINFORZATE – ACCIAIO PER CASSERO

Barre Ø8 maglia 150x150 mm² ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

- modulo elastico Es = 200000 MPa
- resistenza caratteristica a rottura ftk ≥ 540 MPa
- resistenza caratteristica a snervamento fyk ≥ 450 MPa

3.5 TERRE RINFORZATE – RINFORZI IN RETE ESAGONALE

Rinforzi costituiti da rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10, avente diametro del filo Ø=2.7 mm galvanizzato.

Il filo sarà inoltre ricoperto da un rivestimento in materiale plastico portando il diametro esterno nominale a 3.7 mm.

- resistenza a trazione nominale 50.11 kN/m

3.6 TERRE RINFORZATE - GEOGRIGLIE IN POLIESTERE AD ALTA TENACITÀ

Geogriglie in poliestere ad alta tenacità di diverse resistenze a trazione nominali

RELAZIONE DI CALCOLO

• PG50	50 kN/m
• PG80	80 kN/m
• PG125	125 kN/m
• PG160	160 kN/m
• PG200	200 kN/m

4 ISTRUZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL RILEVATO STRUTTURALE

4.1 POSA DEGLI ELEMENTI DI RINFORZO

Il piano di posa dovrà essere predisposto fino a raggiungere la quota d'imposta del primo elemento tipo Terramesh da eseguire, secondo le indicazioni riportate negli elaborati di progetto.

Si dovrà provvedere innanzitutto al taglio delle piante e alla estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti ecc, il terreno dovrà quindi essere adeguatamente rullato e compattato fino ad ottenere le caratteristiche previste nel capitolato.

Il piano di fondazione dovrà essere regolare ed idoneo per la posa e compattazione del primo strato di riporto con ottenimento dei requisiti richiesti.

Non si dovrà operare in presenza di ristagni d'acqua o con terreni rammolliti, né in presenza di elevato contenuto organico (nell'eventualità questi dovranno essere bonificati, per completa sostituzione).

Nel caso in cui il piano di posa si trovi localmente depresso, in condizioni favorevoli ai ristagni d'acqua, si dovranno eseguire delle canalette di scolo laterale in pendenza con adeguato recapito.

Prima di eseguire il primo riporto occorre eseguire almeno 2-3 passate con un rullo liscio.

Ogni qualvolta i rilevati dovranno poggiare su declivi con pendenza superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si dovrà provvedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (tra 1% e 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Gli elementi tipo Terramesh dovranno essere posti in opera per strati costanti, secondo le modalità di seguito riportate:

1. Ove prevista la geogriglia come rinforzo primario: taglio della geogriglia della lunghezza di progetto e posizionamento sul piano di posa avendo cura di evitare grinze e ondulazioni. Porre attenzione a stendere le geogriglie in direzione trasversale rispetto all'asse longitudinale dell'opera sovrapponendo i teli contigui per una larghezza pari ad almeno una maglia;
2. Apertura e predisposizione dell'elemento Terramesh, al di sopra della griglia di rinforzo, avendo cura di stendere il telo di rinforzo eliminando le linee di piegatura preformate in fase di produzione e mettere in posizione gli elementi;
3. Posizionamento degli elementi a squadra per dare l'inclinazione al paramento. Per l'assemblaggio e la legatura degli elementi è necessario essere provvisti di pinze e tenaglie e di una graffiatrice tipo pneumatico con alimentazione ad aria compressa (6-8 bar). In generale, per le operazioni di legatura per una continuità strutturale, si consiglia un intervallo tra punto e punto massimo di 20 cm;
4. Riempimento della parte a tergo del paramento manualmente con terreno vegetale che subirà una compattazione "leggera" per permettere l'attecchimento della vegetazione;
5. Riempimento degli elementi di rinforzo in rete con materiale idoneo, fino a formare uno strato di spessore di 300 mm;
6. Compattazione del materiale posto in opera mediante rullatura, secondo le indicazioni successivamente riportate;
7. Risagomatura del piano di posa per l'esecuzione dell'elemento Terramesh successivo;
8. Ripetizione delle azioni da 1 a 7 fino a completamento della struttura.

4.2 IDROSEMINA A SPESSORE

Realizzazione di idrosemina a spessore su strutture in terre rinforzate. La miscela, eseguita a regola d'arte, comprende i seguenti componenti e fasi:

- messa in opera di appropriato miscuglio di sementi scelte (graminace e leguminose), con una dose di impiego in condizioni normali di 35 gr/mq e di massimo 50 gr/mq in condizioni difficili per la germinazione;
- messa in opera di concimazione di base con prodotto organo-minerale bilanciato e microelementi, (7-7-7+2 Mgo) con una dose di impiego di almeno 250 gr/mq;
- somministrazione di colloide di origine vegetale ad alta viscosità, derivato da piante e frutti, con quantità da applicare di circa 15gr/mq;
- somministrazione di Humus, sostanza organica matura con titoli nutritivi (NP), in quantità variabile da 250 a 400 gr/mq a seconda della situazione;
- applicazione di una coltre protettiva di ca. 250/350 gr/mq "Mulch" composto da: 70% prodotto in fibre di legno e colloide naturale e 30 % miscela di fibre vegetali (paglia, cotone e cellulosa).

La provenienza e germinabilità della semente dovranno essere certificate. L'applicazione della miscela deve avvenire con idonea idroseminatrice che garantisce l'omogeneità del prodotto applicato e fornitura di pompa che mantenga l'integrità della semente.

4.3 COMPATTAZIONE

Le operazioni di compattazione, il tipo, le caratteristiche dei mezzi di compattazione, nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) devono essere tali da garantire la prevista densità finale del materiale.

In ogni modo, deve ritenersi esclusa la possibilità di compattazione con pale meccaniche. Nel caso in cui lo sviluppo planimetrico dei manufatti sia modesto e gli spazi di lavoro disponibili siano 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 a rullo operino ad una distanza non inferiore a 0.50 m dal paramento esterno, e procedere quindi ad una successiva compattazione con "rana compattatrice" o piastra vibrante della porzione di terreno posta ad una distanza inferiore a 0.50 m dal paramento.

Questo procedimento consente di non generare deformazioni locali indotte dal passaggio o urto meccanico dei mezzi contro i componenti del sistema. Durante la costruzione, nel caso di danni causati dalle attività di cantiere o dovuti ad eventi meteorologici si dovrà provvedere al ripristino delle condizioni iniziali.

4.4 CONDIZIONI CLIMATICHE

La costruzione dei rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, tranne per quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es. ghiaia). Nella esecuzione di rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva dovranno essere tenuti a disposizione anche dei rulli gommati che permettano la chiusura della superficie dell'ultimo strato in caso di pioggia.

4.5 EVENTUALI RILEVATI DI PROVA

Quando prescritto dalla Direzione Lavori, l'Impresa procederà alla esecuzione dei rilevati di prova.

In particolare, si potrà fare ricorso ai rilevati di prova per verificare l'idoneità di materiali diversi da quelli specificati nei precedenti capitoli.

Il rilevato di prova consentirà di individuare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali messi in opera, le caratteristiche dei mezzi di compattazione (tipo, peso, energie vibranti) e le modalità esecutive più idonee (numero di passate, velocità del rullo, spessore degli strati, ecc.), le procedure di lavoro e di controllo cui attenersi nel corso della formazione dei rilevati.

4.6 PROVE DI CONTROLLO

Prima che venga messo in opera uno strato di terreno nel rilevato rinforzato, quello precedente dovrà essere sottoposto alle prove di controllo e possedere i requisiti di costipamento richiesti.

La frequenza delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come indicativa e potrà essere diminuita o aumentata, secondo quanto prescritto dalla Direzione Lavori in considerazione della maggiore o minore omogeneità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'Impresa dovrà eseguire le prove di controllo nei punti indicati dalla Direzione Lavori ed in contraddittorio con la stessa.

L'Impresa potrà eseguire le prove di controllo o in proprio o tramite un laboratorio esterno comunque approvato dalla Direzione Lavori.

La serie di prove sui primi 5000 mc. potrà essere effettuata una sola volta a condizione che i materiali mantengano caratteristiche omogenee e siano costanti le modalità di compattazione. In caso contrario la Direzione Lavori potrà prescrivere la ripetizione della serie.

Le prove successive devono intendersi riferite a quantitativi appartenenti allo stesso strato di rilevato.

5 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La costruzione in oggetto è classificabile, secondo il DM 2008, come "Opera ordinaria, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale", per la quale viene prevista una vita nominale ≥ 50 anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, la costruzione è definita di Classe IV, ossia afferente a "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n.6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica."

Per il dimensionamento delle opere pertanto sono stati considerati i seguenti parametri di progettazione:

- Vita nominale opera VN: 50 anni (opera di importanza ordinaria)
- Classe d'uso Opera: IV
- Coefficiente d'uso: CU = 2
- Vita di riferimento: $V_R = V_N \cdot C_U = 100$ anni
- Stato limite di riferimento per l'azione sismica: SLV (salvaguardia della vita)
- Probabilità di superamento PVR: 10%
- Tempo di ritorno TR determinato con la seguente espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = -\frac{100}{\ln(1 - 0.10)} = 949 \text{ anni}$$

6 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Nel presente paragrafo si riporta il modello geotecnico utilizzato per il calcolo dei muri in T.R. di sottoscarpa.

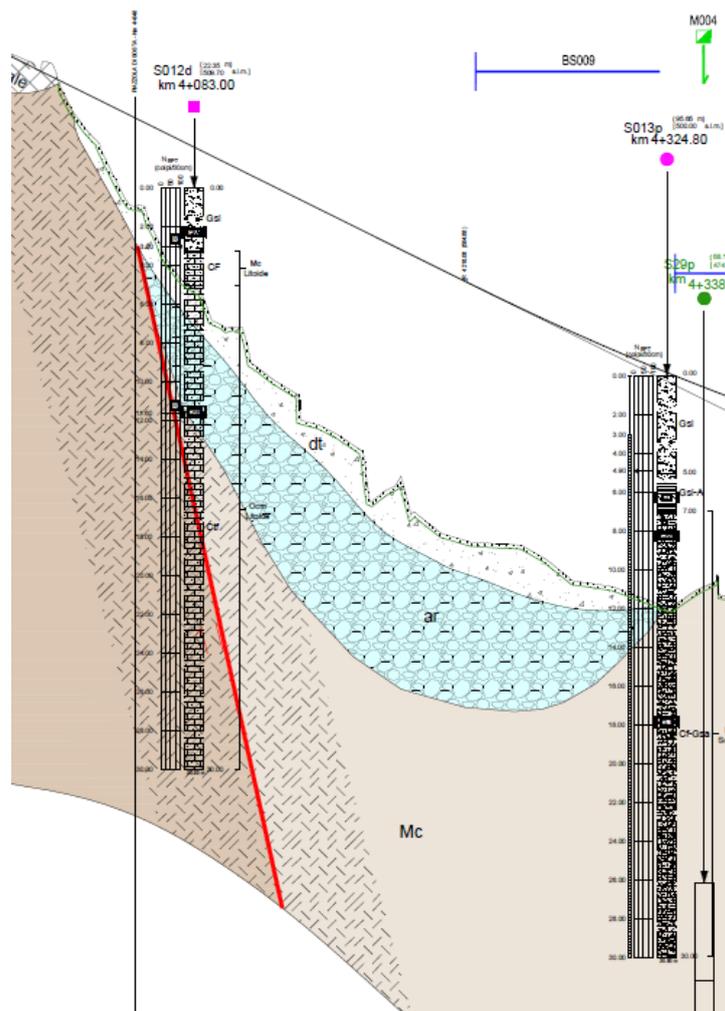
6.1 STRATIGRAFIA DI CALCOLO

In accordo con quanto riportato dal profilo geologico per il tratto in esame, la stratigrafia di riferimento per il terreno di base al di sotto del rilevato esistente è costituita dalle seguenti unità litologiche:

- da pk 4+287 a pk 4+325 da Fasce e coni di detrito a diverso grado di cementazione (dt) su Terrazzi fluviali di vario ordine, costituiti da sabbie, ghiaie e limi (ar), sondaggio S012,
- da pk 4.325 a pk 4.351 Formazione di Ragusa membro Irminio: Alternanza di biocalcareniti cementate di colore bianco-grigiastro (Mc), sondaggio S013.

Secondo quanto riportato negli elaborati geotecnici, le stratigrafie assunte per i calcoli dei muri in T.R. sono illustrate di seguito:

Figura 6.1: Stratigrafie di calcolo – Muro in T.R. OS54.



6.2 PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri geotecnici, desunti dalle indagini eseguite nell'ultima campagna di sondaggi, sono riassunti nella tabella seguente.

Per la caratterizzazione del terreno di base (ar e Mc) si è fatto particolare riferimento al sondaggio S013 eseguito in corrispondenza del tratto in esame, mentre per quanto riguarda lo strato detritico superficiale (dt) si è fatto riferimento al sondaggio S012: i parametri geotecnici assunti sono stati definiti sulla base dei risultati disponibili in relazione geotecnica (T01GE00GETRE01).

Tabella 6.1: Parametri geotecnici modello di calcolo

Litotipo	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]
ar	17.5	32	0
dt	21.6	33	0
Mc	23	30	200
Rilevato di nuova realizzazione	20.5	35	0

Dai sondaggi di riferimento non si rileva la presenza della falda.

7 AZIONI DI CALCOLO

Per il progetto e la verifica delle opere sono state esaminate le varie azioni riportate nei paragrafi seguenti.

7.1 AZIONI PERMANENTI

7.1.1 Peso proprio

Per il calcolo del peso proprio del paramento in terra rinforzata si assume il peso unitario di seguito indicato:

Terreno di riempimento: $\gamma = 20.5 \text{ kN/m}^3$

7.1.2 Spinta delle terre

La valutazione delle spinte delle terre viene effettuata considerando un angolo di attrito tra paramento della terra rinforzata e terreno pari a φ' , con φ' angolo di resistenza al taglio di progetto.

Nelle verifiche la spinta del terreno viene determinata con la seguente espressione:

$$p'_a(z) = [\sigma'_v(z) + q] \cdot K_a - 2c' \sqrt{K_a}$$

- nella quale:
- $\sigma'_v(z)$ = tensione verticale efficace alla generica quota z;
- K_a = coefficiente di spinta attiva;
- q = eventuale sovraccarico uniformemente distribuito.

Per il calcolo dei coefficienti di spinta si fa riferimento alle espressioni di Rankine.

7.2 AZIONI VARIABILI

7.2.1 Sovraccarico uniforme

Nel caso specifico si terrà conto di un sovraccarico accidentale uniforme dovuto al traffico stradale pari a 20 kPa.

7.3 AZIONI SISMICHE

Per la caratterizzazione dell'azione sismica sulle opere si fa riferimento alle coordinate geografiche variabili lungo il tracciato.

Per la determinazione delle azioni sismiche si è fatto riferimento ai seguenti parametri:

- categoria di suolo
- fattore di sito $S = S_s \cdot S_t$;
- massima accelerazione orizzontale al suolo ag/g ;
- coefficiente di riduzione β_s ;
- coefficiente di intensità sismica orizzontale k_h ;
- coefficiente di intensità sismica verticale k_v .

In condizioni sismiche l'opera è soggetta alle forze di inerzia degli elementi strutturali e delle porzioni di terreno solidali con la struttura che valgono:

$$F_{hi} = k_h \cdot W$$

$$F_{vi} = k_v \cdot W$$

essendo W il peso dell'elemento o della porzione di terreno considerata mentre k_v e k_h sono i coefficienti di intensità sismica verticale ed orizzontali descritti nel precedente paragrafo. Tali forze sono applicate nel baricentro delle masse dell'elemento considerato.

In condizioni sismiche si terrà conto di un sovraccarico accidentale uniforme dovuto al traffico stradale con un'aliquota dinamica pari a 0,3, corrispondente ad un'intensità di pari a 6 kPa.

8 COMBINAZIONI DI CARICO E VERIFICHE

8.1 COMBINAZIONI DI CARICO

Il progetto e la verifica delle strutture in questione sono stati eseguiti mediante il metodo degli "Stati Limite", verificando:

- scorrimento sul piano di posa;
- verifica al ribaltamento;
- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno e stabilità interna (locale).

Le verifiche sono state effettuate con riferimento all'Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R2) per le verifiche geotecniche (GEO). Fa eccezione la verifica al ribaltamento del paramento in terra rinforzata per cui, in accordo alla normativa vigente, la verifica è stata condotta utilizzando i coefficienti parziali delle azioni della tabella 2.6.I (colonna EQU) del DM2008 ed i coefficienti parziali del gruppo M2 per il calcolo delle spinte.

Le verifiche geotecniche nei confronti delle azioni sismiche sono effettuate impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto con i valori dei coefficienti parziali dell'Approccio 1, Combinazione 2 e ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni.

I coefficienti parziali di sicurezza delle azioni, adottati nelle combinazioni, sono differenti a seconda che le azioni si debbano combinare per verifiche strutturali o geotecniche (rispettivamente A1, A2 e EQU).

Di seguito si riportano le tabelle dei coefficienti parziali delle azioni e dei terreni relativi secondo quanto riportato nella normativa vigente.

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_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	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 8.1: Coefficienti parziali delle azioni e dei terreni

Combinazioni per analisi statiche SLU							
	Azioni (γ_F)				Proprietà del terreno (γ_M)		
	Permanenti		Variabili				
	Sfavorevoli	Favorevoli	Sfavorevoli	Favorevoli	$\tan \phi'$	c'	c_u
STR (A1 + M1)	1.30	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00
GEO (A2 + M2)	1.00	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.40

Nel seguito si riporta una breve descrizione dei criteri di verifica sia con riferimento alle condizioni statiche che sismiche.

8.2 VERIFICA ALLO SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA (GEO)

La risultante delle azioni orizzontali agenti sulla struttura deve risultare non superiore alla forza resistente costituita dall'attrito sul piano di imposta. Questa a sua volta è valutata come prodotto della risultante delle azioni verticali (ortogonali al piano di imposta) per il coefficiente di attrito in fondazione $\mu = \tan(\phi')$.

In condizioni sismiche si è tenuto conto, oltre che dell'incremento di spinta del terreno, anche delle forze di inerzia delle masse della terra rinforzata e/o ad essa collegate.

8.3 VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

La somma dei momenti instabilizzanti, valutati rispetto allo spigolo di valle del blocco, dovuti alle azioni agenti sulla terra rinforzata deve risultare non superiore al momento stabilizzante dovuto al peso proprio del blocco e le relative azioni variabili.

In condizioni sismiche si è tenuto conto, oltre che dell'incremento di spinta del terreno, anche delle forze di inerzia delle masse della terra rinforzata e/o ad essa collegate.

Ai fini pratici le verifiche sono state condotte utilizzando le medesime azioni e forze resistenti valutate con riferimento alla verifica allo scorrimento (Condizione M2+R2) moltiplicando i valori delle diverse azioni/reazioni secondo i coefficienti 0.9 ed 1.1 come indicato nella tabella sottostante:

Tabella 8.2: Coefficienti parziali azioni verifiche equilibrio corpo rigido

	favorevole	sfavorevole
Peso del muro e del rinterro	0.9	
Eventuali masse aggiuntive collegate al muro	0.9	
Azione di eventuali tiranti	0.9	
Spinta del terreno, componente statica		1.1
Spinta dell'acqua e sottospinta idraulica		1.1

8.4 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE (GEO)

Nella verifica del collasso fondazione-terreno (verifica della capacità portante) l'azione di progetto è data dalla componente della risultante delle forze normali al piano di posa, mentre la resistenza di progetto è il valore della forza normale al piano di posa a cui corrisponde il raggiungimento del carico limite del terreno di fondazione.

8.5 RESISTENZA A ROTTURA DI ESERCIZIO DEI RINFORZI (GEOGRIGLIE)

La resistenza di esercizio degli elementi di rinforzo (geogriglie) è stata determinata facendo riferimento alla British Standard 8006:1995 "Code of practice for Strengthened/reinforced soils and fills". In accordo alla BS 8006, la resistenza di progetto $T_{progetto}$ del rinforzo è determinata come segue:

$$T_{progetto} = T_{rottura} / (f_{creep} \times f_m)$$

dove

- $T_{rottura}$ = carico di rottura nominale del rinforzo
- f_{creep} = fattore di creep del rinforzo a lungo termine
- f_m = fattore di sicurezza del rinforzo, pari a $f_{m11} \times f_{m12} \times f_{m21} \times f_{m22}$
- f_{m11} = procedure produttive (tolleranze)
- f_{m12} = valutazione qualità processi industriali e sviluppo prodotto
- f_{m21} = effetti dovuti al danneggiamento potenziale durante l'installazione
- f_{m22} = suscettibilità all'aggressione chimica, fisica e biologica

Il fattore f_{creep} viene calcolato per una data deformazione massima ammissibile durante la vita di progetto, tenendo conto di eventuali fenomeni di creep che dovessero interessare i rinforzi; per le opere in terra rinforzata le deformazioni massime ammissibili nei rinforzi sono dell'ordine del 5%. Ciò significa che ad esempio per la rete metallica a doppia torsione, non subendo essa gli effetti di creep, avendo una resistenza a rottura con deformazioni inferiori al 5%, tale resistenza può essere assunta come resistenza a trazione nominale ($f_{creep} = 1.00$).

I fattori parziali di sicurezza che concorrono al valore di f_m per i rinforzi sono considerati all'interno del software a seconda del tipo di rinforzo e del terreno da armare mediante tali rinforzi.

Tale verifica risulta implicitamente verificata nella risoluzione del modello con il software Macstars.

8.6 RESISTENZA ALLO SFILAMENTO DEL RINFORZO (PULL-OUT)

Il calcolo delle forze ultime di sfilamento viene eseguito con il seguente procedimento, che si basa sulla considerazione che in tutti i punti del rinforzo sia raggiunta la condizione ultima.

La forza necessaria per lo sfilamento del rinforzo dal rilevato (F_{po}) è data dalla seguente relazione:

$$F_{po} = 2 \cdot \sigma_v \cdot L \cdot W \cdot \mu \cdot \tan \varphi$$

nella quale:

- σ_v = tensione verticale agente sul rinforzo
- L = lunghezza della zona di ancoraggio
- W = larghezza del rinforzo
- μ = coefficiente di interazione tra materiale del rilevato e rinforzo
- φ = angolo di attrito interno del materiale da rilevato

I valori del coefficiente di interazione μ derivano da prove di laboratorio e variano a seconda del tipo di terreno che compone il rilevato.

Per i rinforzi in rete metallica a doppia torsione sono stati assunti pari a:

Tabella 8.3: Valori del coefficiente di interazione μ per rinforzi metallici

Tipo di interazione	Valore di μ
---------------------	-----------------

RELAZIONE DI CALCOLO

Interazione rinforzo-rinforzo	0.30
Sfilamento rinforzo-ghiaia	0.90
Sfilamento rinforzo-sabbia	0.65
Sfilamento rinforzo-limo	0.50
Sfilamento rinforzo-argilla	0.30

Per i rinforzi in poliestere ad alta tenacità sono stati assunti pari a:

Tabella 8.4: Valori del coefficiente di interazione μ per rinforzi in poliestere ad alta tenacità

Tipo di interazione	Valore di μ
Interazione rinforzo-rinforzo	0.16
Sfilamento rinforzo-ghiaia	0.90
Sfilamento rinforzo-sabbia	0.90
Sfilamento rinforzo-limo	0.70
Sfilamento rinforzo-argilla	0.40

Come è possibile dedurre per ogni livello di rinforzi all'interno della struttura il valore della resistenza a rottura rimane costante mentre ciò che varia è la resistenza allo sfilamento in quanto essa è direttamente correlata alla tensione normale agente a quella determinata profondità.

Tale verifica risulta implicitamente verificata nella risoluzione del modello con il software Macstars.

8.7 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE E DI STABILITÀ INTERNA (GEO)

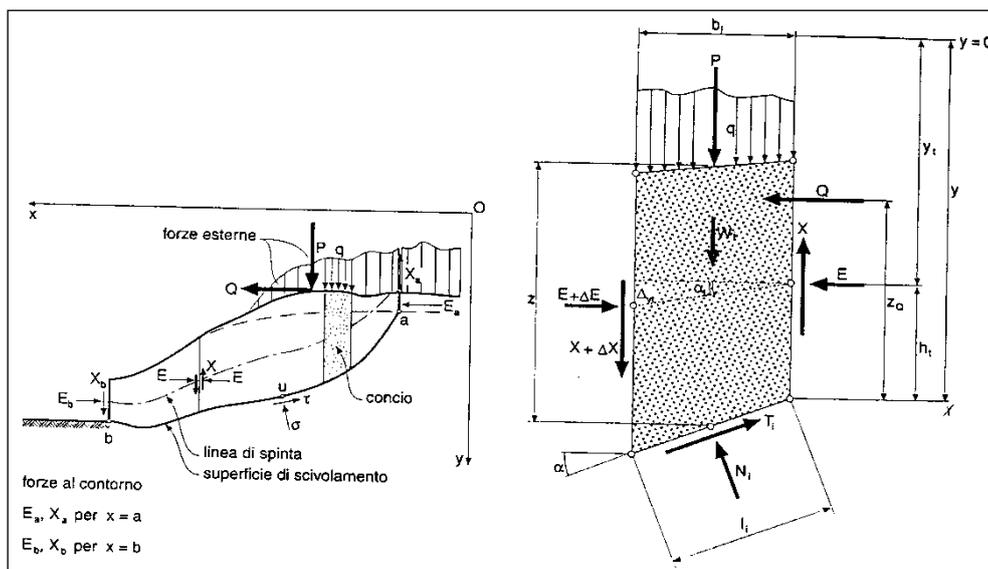
Queste verifiche consentono di accertare che la geometria della sezione esaminata, in relazione alle caratteristiche di resistenza al taglio del materiale impiegato, assicuri un sufficiente fattore di sicurezza nei confronti della rottura.

Per l'analisi di stabilità è stato utilizzato il metodo di calcolo di Bishop, che permette di determinare il coefficiente di sicurezza alla rottura.

L'analisi di stabilità è stata condotta secondo il principio dell'equilibrio limite globale; tale verifica si conduce esaminando un certo numero di possibili superfici di scivolamento per ricercare quella che rappresenta il rapporto minimo tra la resistenza a rottura disponibile e quella effettivamente mobilitata; il valore di questo rapporto costituisce il coefficiente di sicurezza del pendio.

Scelta quindi una superficie di rottura si suddivide in conci la parte instabile, si studia dapprima l'equilibrio della singola striscia e poi si passa alla stabilità globale; qui di seguito sono riportate schematicamente le azioni agenti su di un singolo concio:

Figura 8.1: Forze agenti sul singolo concio



Per ogni concio sono disponibili per la risoluzione del sistema le tre equazioni della statica (equilibrio traslazione verticale, orizzontale ed equilibrio dei momenti), quindi per n conci si avranno $3n$ equazioni linearmente indipendenti; il contributo dei rinforzi viene introdotto nel calcolo solo se essi intersecano la superficie di scivolamento.

La resistenza a trazione nei rinforzi può mobilitarsi 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 il rinforzo stesso; il modulo di tale forza è determinato 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 (il minimo tra i due valori). La prima è costante ed assegnata mentre le seconde variano linearmente con la profondità.

Per tenere conto dell'effetto dei rinforzi è stato implementato un modello di comportamento rigido; in tale modello 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 rigidità dei rinforzi stessi.

Per ciascun rinforzo devono essere verificate le seguenti condizioni:

- deve essere garantito un ancoraggio minimo;
- deve essere garantita la resistenza allo sfilamento nella zona di ancoraggio.

Nel primo caso una lunghezza di ancoraggio inferiore al minimo stabilito comporta l'annullamento completo della trazione nel rinforzo; nel secondo caso la trazione nel rinforzo viene limitata al valore di sfilamento.

Un corretto dimensionamento di una struttura in terra rinforzata pertanto implica una scelta opportuna della lunghezza e della spaziatura verticale dei rinforzi, al fine di garantire la stabilità; l'analisi di stabilità è stata condotta distinguendola in due tipi:

Stabilità globale: verifica delle dimensioni della massa strutturale nei confronti di scivolamenti più esterni, che possano determinare fenomeni di instabilità più profondi negli strati di terreno; in questo caso, si è assunto che le superfici partano più a valle rispetto al piede dell'opera ed è stata individuata per

tentativi la posizione più critica del punto di partenza delle superfici di scivolamento, spostando tale punto verso valle.

Stabilità interna: verifica della lunghezza necessaria e della spaziatura degli elementi di rinforzo tale da garantire che il rilevato rinforzato sia sufficientemente compatto e resistente alle azioni interne provocate dai carichi; si è assunto in questo caso che le superfici partano dal piede di valle dell'opera e si estendano verso monte fino ad incontrare il profilo del terreno, intersecando totalmente o anche solo parzialmente l'ammasso rinforzato. In quest'ultimo caso si è considerato che la superficie più critica, ossia con fattore di stabilità minimo, non necessariamente si svilupperà interamente all'interno dell'ammasso rinforzato.

Le analisi sono state condotte utilizzando superfici di rottura circolari e, ove ritenuto necessario (alcune verifiche di stabilità interna), superfici di rottura poligonali.

Come prescritto dalla normativa la verifica viene effettuata secondo la "Combinazione 2": (A2+M2+R2) in condizioni statiche e (M2+R2+Sisma) in condizioni sismiche.

8.8 VERIFICA DI ESERCIZIO (SLE)

In ottemperanza a quanto indicato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni [1], nelle condizioni di esercizio, gli spostamenti delle opere di sostegno e del terreno circostante devono essere valutati per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità e di manufatti adiacenti, anche a seguito di modifiche indotte sul regime delle acque sotterranee.

Solo in presenza di manufatti particolarmente sensibili agli spostamenti dell'opera di sostegno, deve essere sviluppata una specifica analisi dell'interazione tra opere e terreno, tenendo conto della sequenza delle fasi costruttive (par. 6.5.3.2).

La normativa britannica BS 8006-1:2010 [2], che tratta in modo approfondito delle opere in terra rinforzata, specifica che le deformazioni da considerare in fase di esercizio derivano da:

- cedimenti del terreno di fondazione;
- compressione interna del materiale di riempimento;
- deformazione interna del rinforzo dovuta al creep;
- cedimenti uniformi e differenziali dovuti a scavi o chiusura dei vuoti al di sotto della struttura;
- deformazioni per creep di terreni con un alto contenuto di fini.

I casi d) ed e) fanno riferimento a situazioni particolari che esulano dalle convenzionali condizioni di esercizio.

In merito al punto c), la stessa normativa BS 8006 (par. 6.5.5.2) indica che la deformazione per creep del rinforzo è limitata superiormente al valore dell'1% [2]. Quanto detto è avvalorato da osservazioni effettuate su opere in terra rinforzata in scala reale dotate di un adeguato numero di starti rinforzi, le quali hanno portato a concludere che le deformazioni longitudinali interne sono molto basse e comunque non superiori al valore di rottura delle sabbie dense (0,5%) [3].

L'eventualità b) relativa a deformazioni interne al materiale di riempimento strutturale può essere scongiurata adottando idonee pratiche costruttive che prevedono la compensazione dei cedimenti attraverso la messa in opera di una quantità extra di materiale e la successiva compattazione.

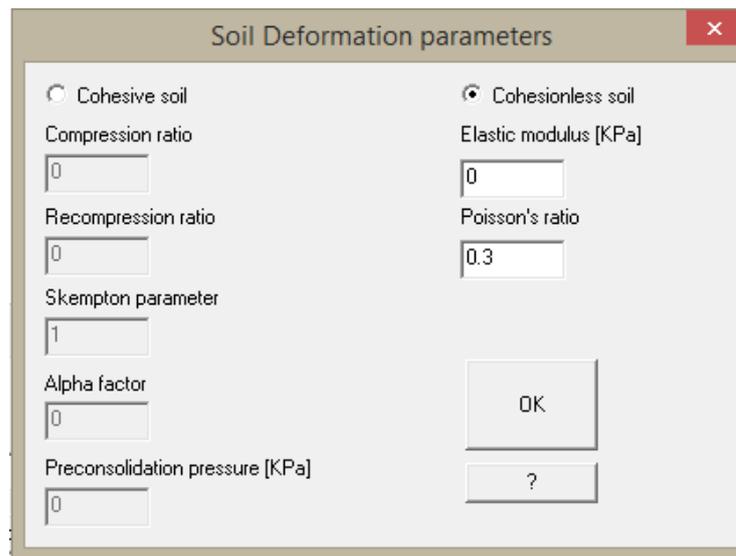
Rimane da considerare il punto a) e dunque la valutazione dei cedimenti del terreno di fondazione che si sviluppano in fase di esercizio a causa di cedimenti immediati e fenomeni di consolidazione primaria e secondaria; come specificato nell'Eurocodice 7 tale valutazione non è da considerarsi rigorosa ma piuttosto una stima indicativa [4].

Le verifiche da svolgere agli stati limite di esercizio si riducono pertanto alla sola analisi dei cedimenti del terreno di fondazione la quale può essere condotta con il software Macstars dopo aver inserito i parametri di deformazione degli strati di terreno di fondazione (Fig. 1).

Per inserire tali valori occorre utilizzare la finestra "Assegna parametri del terreno per il calcolo dei cedimenti" che si trova all'interno nel "Menu input" nella sezione "Proprietà del terreno"; per una guida approfondita in merito al calcolo dei cedimenti in Macstars si può far riferimento alla nota tecnica "TN-DT-034_Settlements in a RSS"

Va ribadito che i cedimenti così calcolati si riferiscono al solo terreno di fondazione della struttura in terra rinforzata e non al rilevato strutturale i cui cedimenti, come già sottolineato, vengono compensati in fase costruttiva.

Figura 8.2: Parametri di deformazione del terreno per il calcolo dei cedimenti



9 SOLUZIONE PROGETTUALE

Nell'ambito della progettazione delle opere di sostegno dove il tracciato della nuova viabilità in progetto sarà sostenuto da opere in terra rinforzata, si procederà dapprima alla realizzazione dello scavo di sbancamento, necessario al raggiungimento del piano d'imposta dell'opera di sostegno, e quindi alla costruzione del manufatto in terra rinforzata.

L'opera in terra rinforzata è costituita da un materiale composito che combina la tipica resistenza di due differenti elementi in grado di migliorare le caratteristiche globali dell'insieme. In particolare le proprietà geotecniche del terreno, materiale resistente a compressione, sono migliorate dalla combinazione con geogriglie, materiale ad alta resistenza a trazione, realizzato in materiale plastico.

L'intervento prevede il posizionamento di moduli dello spessore di 0.76 m, avvolti in geogriglie caratterizzate da resistenza a trazione e lunghezze di ancoraggio che vengono desunte dal calcolo di dimensionamento con inclinazione pari a 70°.

Alla base della terra rinforzata viene immesso un materasso drenante, per consentire l'eventuale infiltrazione delle acque meteoriche.

La sommità del paramento in terra rinforzata viene raccordata alla quota del piano stradale tramite un rilevato superiore di altezza variabile sagomato con pendenza di 3:2 (orizzontale:verticale).

L'opera viene quindi completata da un'idrosemia superficiale per il rinverdimento finale della facciata esterna del paramento.

Per consentire la manutenzione delle scarpate rinverdate, si prevede la realizzazione di banche orizzontali di larghezza pari a 2 m.

10 VERIFICHE MURO IN TERRA RINFORZATA

Il muro in oggetto si sviluppa in adiacenza dell'asse sinistro tra la pk. 4+286.98 e la pk. 4+351.06, per uno sviluppo complessivo pari a 64.08 m

10.1 SEZIONE KM 4+281 – CONDIZIONI STATICHE

10.1.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni

Terreno : AR	Descrizione : terrazzi fluviali
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²]..... : 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
Angolo d'attrito.....	[°]..... : 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/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 : DT	Descrizione : Detrito superficiale
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²]..... : 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
Angolo d'attrito.....	[°]..... : 33.00
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]..... : 21.60
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]..... : 21.60
Modulo elastico.....	[kN/m ²]..... : 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

Terreno : MC	Descrizione : biocalcareni cementate
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²]..... : 200.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
Angolo d'attrito.....	[°]..... : 30.00
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]..... : 23.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]..... : 23.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²]..... : 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

Terreno : RN	Descrizione : rilevato di nuova realizzazione
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²]..... : 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
Angolo d'attrito.....	[°]..... : 35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00

RELAZIONE DI CALCOLO

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 20.50
 Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.50
 Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

10.1.2 Profili stratigrafici

Strato: AR

Descrizione:

Terreno : AR

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
54.74	6.25	56.59	7.66	80.00	10.50	91.68	11.44

Strato: DT

Descrizione:

Terreno : DT

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
56.59	7.66	58.08	8.79	91.68	12.44		

Strato: MC

Descrizione:

Terreno : MC

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	14.28	1.49	24.67	4.02	33.57	5.25
38.35	5.44	43.35	5.20	53.35	5.20	54.74	6.25
80.00	7.50	91.68	8.44				

Strato: RN

Descrizione:

Terreno : RN

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
46.73	5.20	48.65	14.32	49.85	14.32	57.35	19.32
59.35	19.32	66.85	24.32	91.85	25.51	84.47	22.78

10.1.3 Blocchi rinforzati

Blocco : BL01

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 12.00 Altezza..... = 2.28
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa..... = 43.35 Ordinata..... = 5.20
 Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO

Rinforzi :

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

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

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

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

Linear Composites - ParaGrid - 150

Lunghezza.....[m].....= 12.00

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

Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : BL02

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 10.00 Altezza.....= 1.52

Arretramento.....[m].....= 0.00 da BL01

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

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

Rilevato strutturale.....: RN

Terreno di riempimento a tergo.....: RN

Terreno di copertura.....: RN

Terreno di fondazione.....: RN

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

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

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

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

Linear Composites - ParaGrid - 150

Lunghezza.....[m].....= 10.00

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

Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : BL03

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 8.00 Altezza.....= 2.28

Arretramento.....[m].....= 2.00 da BL02

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

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

Rilevato strutturale.....: RN

Terreno di riempimento a tergo.....: RN

Terreno di copertura.....: RN

Terreno di fondazione.....: RN

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 :

RELAZIONE DI CALCOLO

Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76
Lunghezza.....[m].....= 3.00
Interasse.....[m].....= 0.76
Risolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 150
Lunghezza.....[m].....= 8.00
Interasse verticale.....[m].....= 0.76
Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : BL04

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 6.00 Altezza.....= 3.04
Arretramento.....[m].....= 0.00 da BL03
Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

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 - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76
Lunghezza.....[m].....= 6.00
Interasse.....[m].....= 0.76
Risolto.....[m].....= 0.65

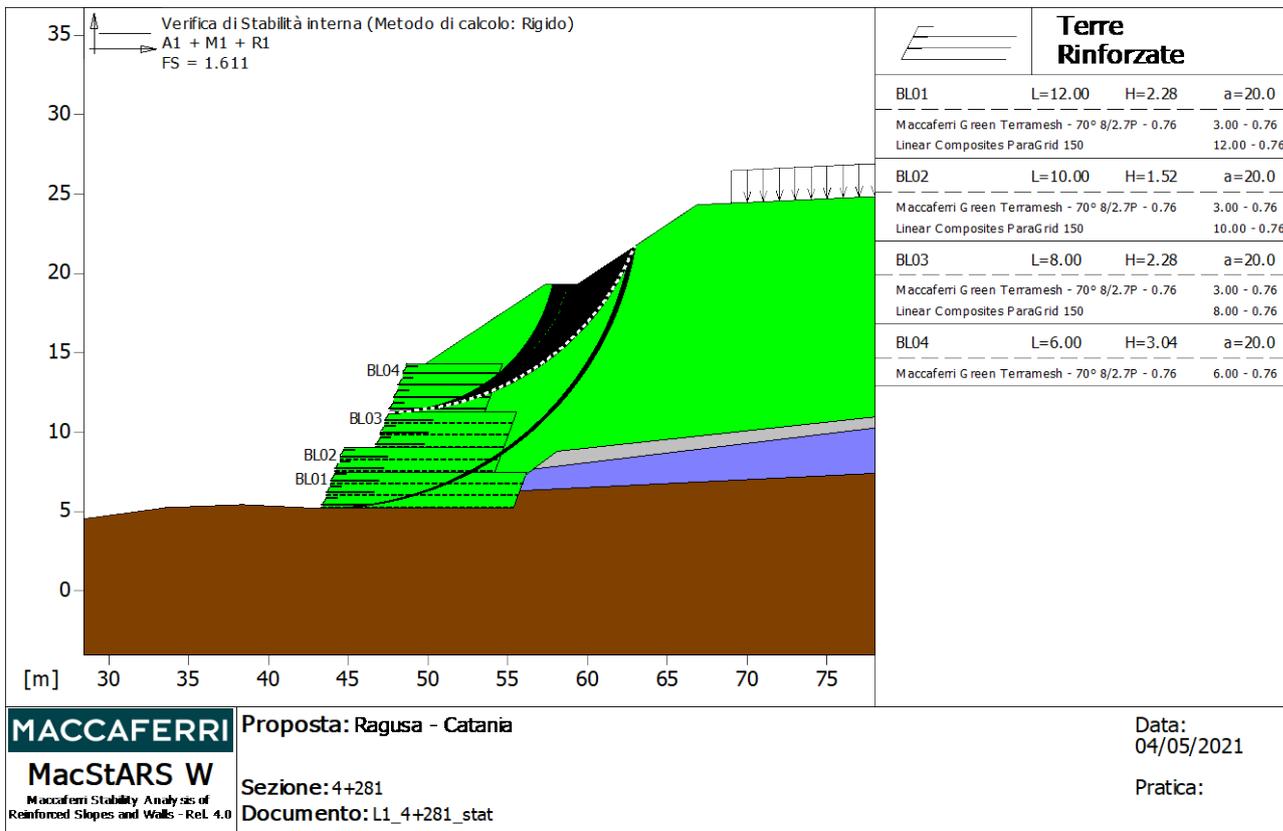
10.1.4 Carichi

Pressione : CS Descrizione : Carico stradale
Classe : Variabile - sfavorevole
Intensità.....[kN/m²].....= 20.00 Inclinazione.....[°].....= 0.00
Ascissa.....[m] : Da = 69.00 To = 89.00

10.1.5 Proprieta' dei rinforzi utilizzati

Linear Composites - ParaGrid - 150
Carico di rottura Nominale Tr.....[kN/m].....: 150.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....: 0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m³/kN].....: 1.10e-04
Rigidezza estensionale.....[kN/m].....: 1667.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m].....: 0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....: 1.52
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....: 1.51
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....: 1.51
Coefficiente di sicurezza al Pull-out: 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....: 1.51

10.1.6 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.....: 1.611

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
BL01	Primo punto	Secondo punto
	50.00	63.00

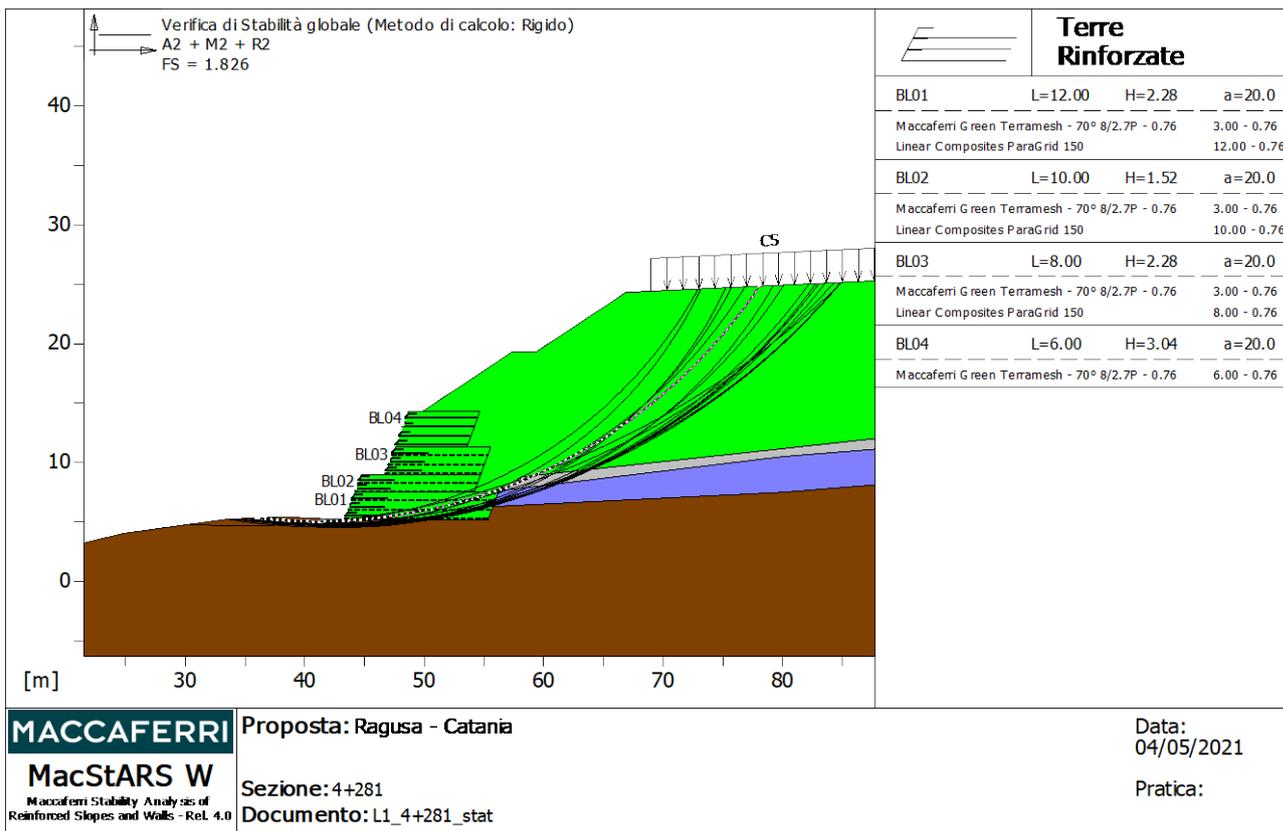
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 1
Numero totale superfici di prova.....: 1000
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50
Angolo limite orario..... [°].....: 1.00
Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00

Blocco : BL04
Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.760	50.0	156.5	39.7	1.26	3.94

RELAZIONE DI CALCOLO

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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



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.....: 1.826

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
20.00	37.00	65.00	85.00
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	

RELAZIONE DI CALCOLO

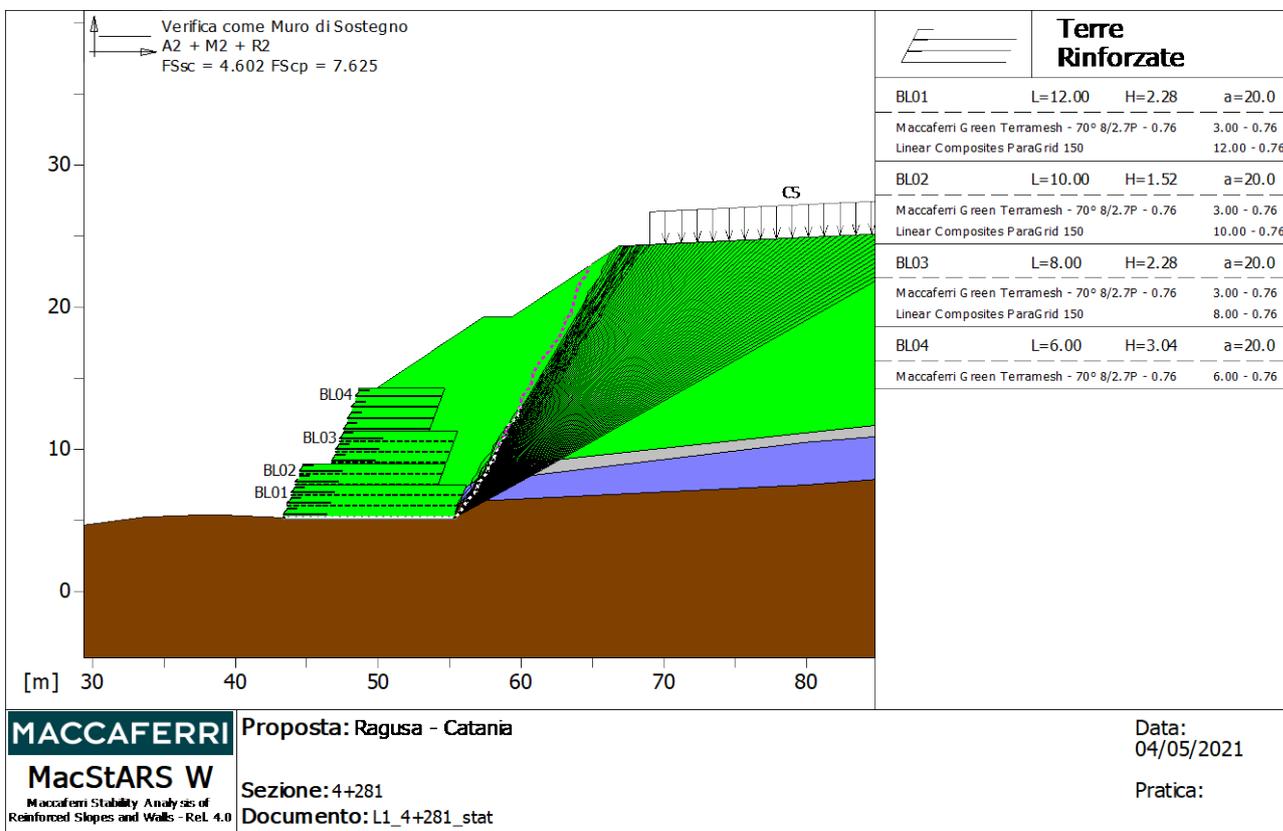
Blocco : BL01
Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	50.0	110.4	39.7	1.26	2.78

Blocco : BL01
Linear Composites - ParaGrid - 150

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	150.0	36.9	36.9	4.07	1.00
0.760	150.0	704.3	98.7	1.52	7.14
1.520	150.0	769.5	98.7	1.52	7.80

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Stabilità verificata sul blocco : BL01

Forza Stabilizzante.....[kN/m] : 2901.60

Forza Instabilizzante.....[kN/m] : 630.47

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

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 4.602

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²] : 1731.80

Pressione media agente.....[kN/m²] : 227.12

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

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 7.625

Fondazione equivalente.....[m] : 9.76

Eccentricità forza normale.....[m] : 1.12

Braccio momento.....[m] : 10.50

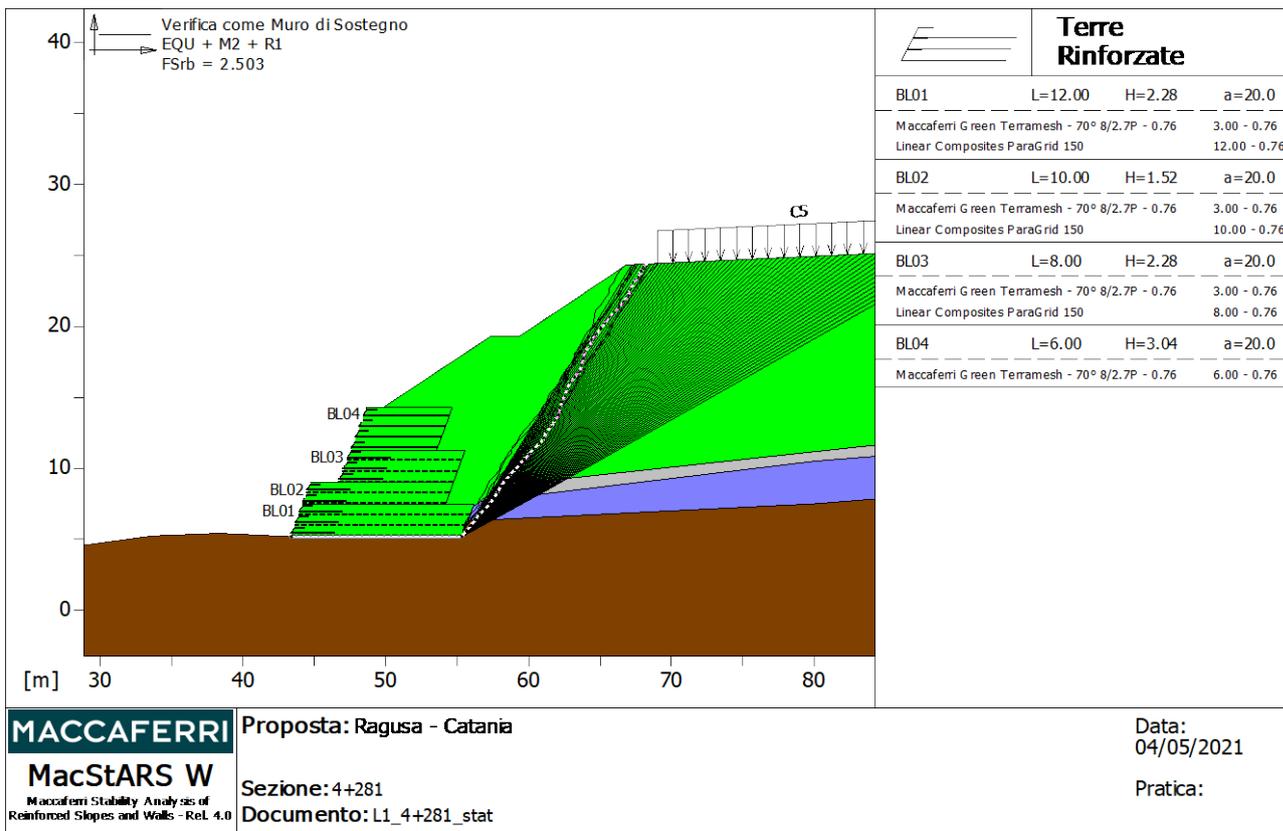
Forza normale.....[kN] : 2125.20

Pressione estremo di valle.....[kN/m²] : 276.26

Pressione estremo di monte.....[kN/m²] : 77.94

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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
1.00	Coeff. Parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. Parziale R - Capacità portante

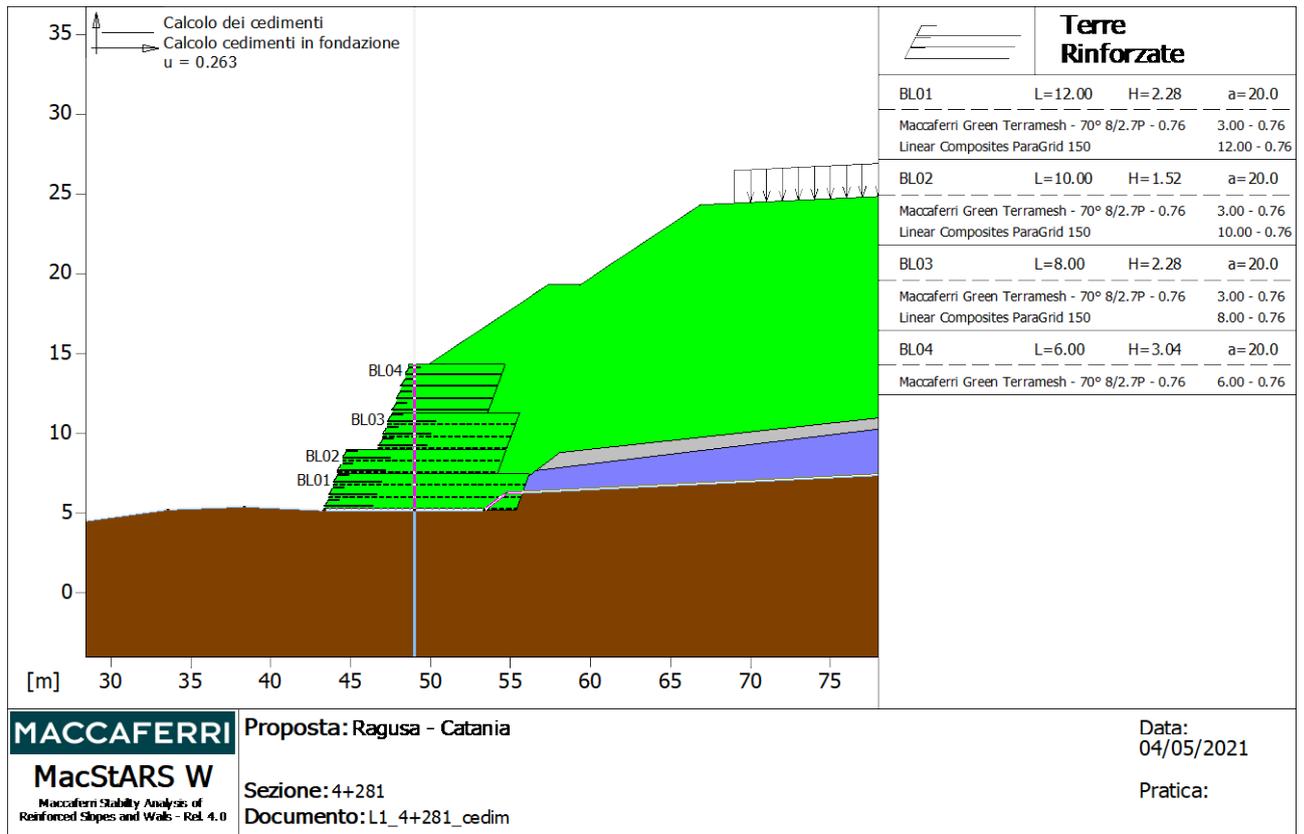
RELAZIONE DI CALCOLO



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + R1
 Stabilità verificata sul blocco : BL01
 Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....:15294.00
 Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 6110.50
 Classe momento.....: Coeff. Parziale R - Ribaltamento
 Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 2.503

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
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



Calcolo del cedimento :

Combinazione di carico : Calcolo cedimenti in fondazione

Ascissa della verticale di calcolo [m]..... : 49.00

Cedimento [m]..... : 0.263

Poligonale che definisce la parte di terreno da considerare come carico

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	14.28	1.49	24.67	4.02	33.57	5.25
38.35	5.44	43.35	5.20	53.35	5.20	54.74	6.25
80.00	7.50	91.68	8.44				

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

10.2 SEZIONE KM 4+281 – CONDIZIONI SISMICHE

10.2.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni

Terreno : AR Descrizione : terrazzi fluviali
Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

RELAZIONE DI CALCOLO

Coesione.....	[kN/m ²]	: 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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/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 : DT

Descrizione : Detrito superficiale

Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m ²]	: 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio	
Angolo d'attrito.....	[°]	: 33.00
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]	: 21.60
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]	: 21.60
Modulo elastico.....	[kN/m ²]	: 0.00
Coefficiente di Poisson.....		: 0.30

Terreno : MC

Descrizione : biocalcareni cementate

Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m ²]	: 200.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio	
Angolo d'attrito.....	[°]	: 30.00
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]	: 23.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]	: 23.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²]	: 0.00
Coefficiente di Poisson.....		: 0.30

Terreno : RN

Descrizione : rilevato di nuova realizzazione

Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....	[kN/m ²]	: 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio	
Angolo d'attrito.....	[°]	: 35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]	: 20.50
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]	: 20.50
Modulo elastico.....	[kN/m ²]	: 0.00
Coefficiente di Poisson.....		: 0.30

RELAZIONE DI CALCOLO

10.2.2 Profili stratigrafici

Strato: AR

Descrizione:

Terreno : AR

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
54.74	6.25	56.59	7.66	80.00	10.50	91.68	11.44

Strato: DT

Descrizione:

Terreno : DT

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
56.59	7.66	58.08	8.79	91.68	12.44		

Strato: MC

Descrizione:

Terreno : MC

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	14.28	1.49	24.67	4.02	33.57	5.25
38.35	5.44	43.35	5.20	53.35	5.20	54.74	6.25
80.00	7.50	91.68	8.44				

Strato: RN

Descrizione:

Terreno : RN

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
46.73	5.20	48.65	14.32	49.85	14.32	57.35	19.32
59.35	19.32	66.85	24.32	91.85	25.51		

10.2.3 Blocchi rinforzati

Blocco : BL01

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 12.00 Altezza..... = 2.28
Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa..... = 43.35 Ordinata..... = 5.20
Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

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

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

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

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

Linear Composites - ParaGrid - 150_Seismic

RELAZIONE DI CALCOLO

Lunghezza.....[m]..... = 12.00
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.76
 Offset.....[m]..... = 0.00

Blocco : BL02

Dati principali.....[m]..... : Larghezza..... = 10.00 Altezza..... = 1.52
 Arretramento.....[m]..... = 0.00 da BL01
 Inclinazione paramento.....[°]..... : 20.00

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

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof
 Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76
 Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Interasse.....[m]..... = 0.76
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 150_Seismic
 Lunghezza.....[m]..... = 10.00
 Interasse verticale.....[m]..... = 0.76
 Offset.....[m]..... = 0.00

Blocco : BL03

Dati principali.....[m]..... : Larghezza..... = 8.00 Altezza..... = 2.28
 Arretramento.....[m]..... = 2.00 da BL02
 Inclinazione paramento.....[°]..... : 20.00

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

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof
 Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76
 Lunghezza.....[m]..... = 3.00
 Interasse.....[m]..... = 0.76
 Risvolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 150_Seismic
 Lunghezza.....[m]..... = 8.00

RELAZIONE DI CALCOLO

Interasse verticale.....[m].....= 0.76
Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : BL04

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 6.00 Altezza.....= 3.04
Arretramento.....[m].....= 0.00 da BL03
Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

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

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

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76
Lunghezza.....[m].....= 6.00
Interasse.....[m].....= 0.76
Risolto.....[m].....= 0.65

10.2.4 Carichi

Pressione : CS Descrizione : Carico stradale

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²].....= 6.00 Inclinazione.....[°].....= 0.00
Ascissa.....[m].....: Da = 69.00 To = 89.00

Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s²].....: Orizzontale.....= 1.02 Verticale.....= 0.51

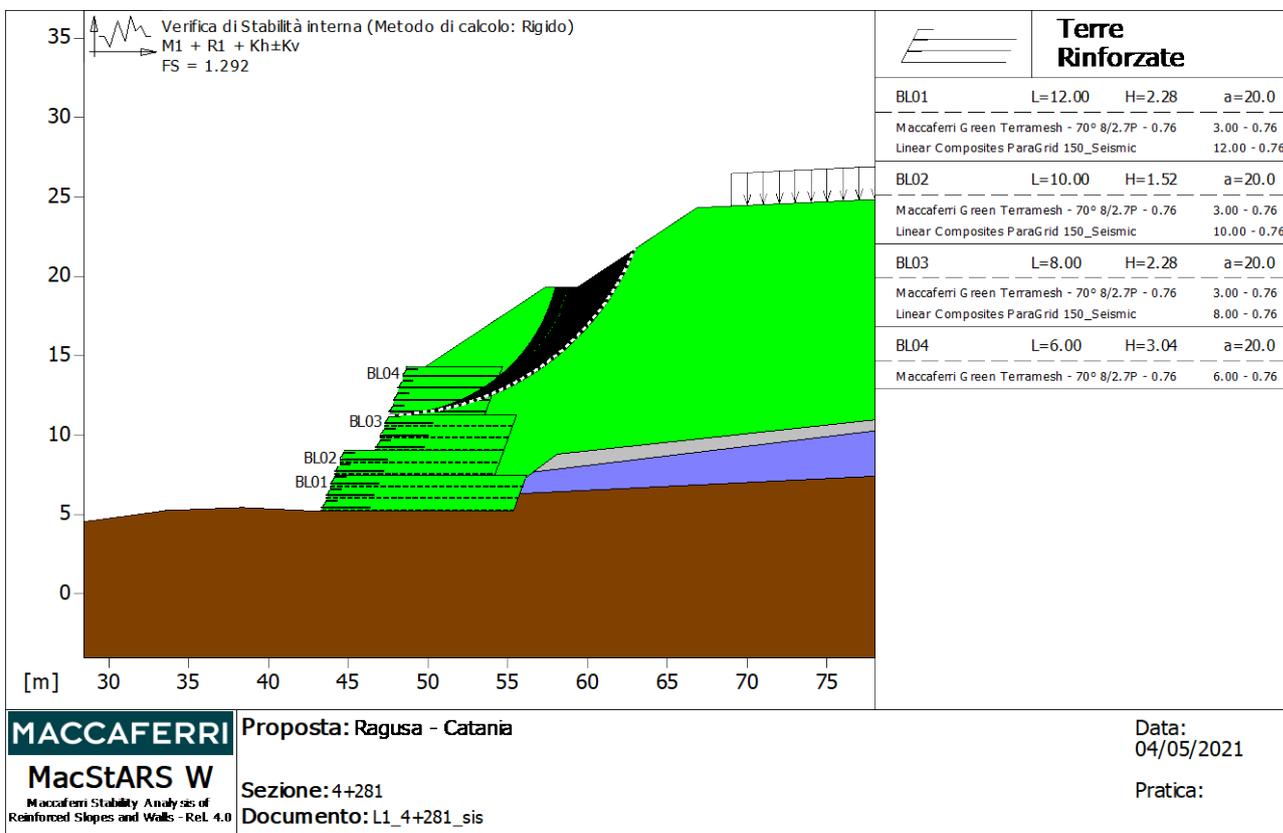
10.2.5 Proprieta' dei rinforzi utilizzati

Linear Composites - ParaGrid - 150_Seismic

Carico di rottura Nominale Tr.....[kN/m].....: 150.00
Rapporto di Scorrimento plastico.....: 0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m³/kN].....: 1.10e-04
Rigidezza estensionale.....[kN/m].....: 1667.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m].....: 0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....: 1.10
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.....: 0.21

Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....	0.40
Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76	
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

10.2.6 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.....: 1.292

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
BL01	50.00	63.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 1		
Numero totale superfici di prova.....: 1000		
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50		
Angolo limite orario..... [°].....: 1.00		
Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00		

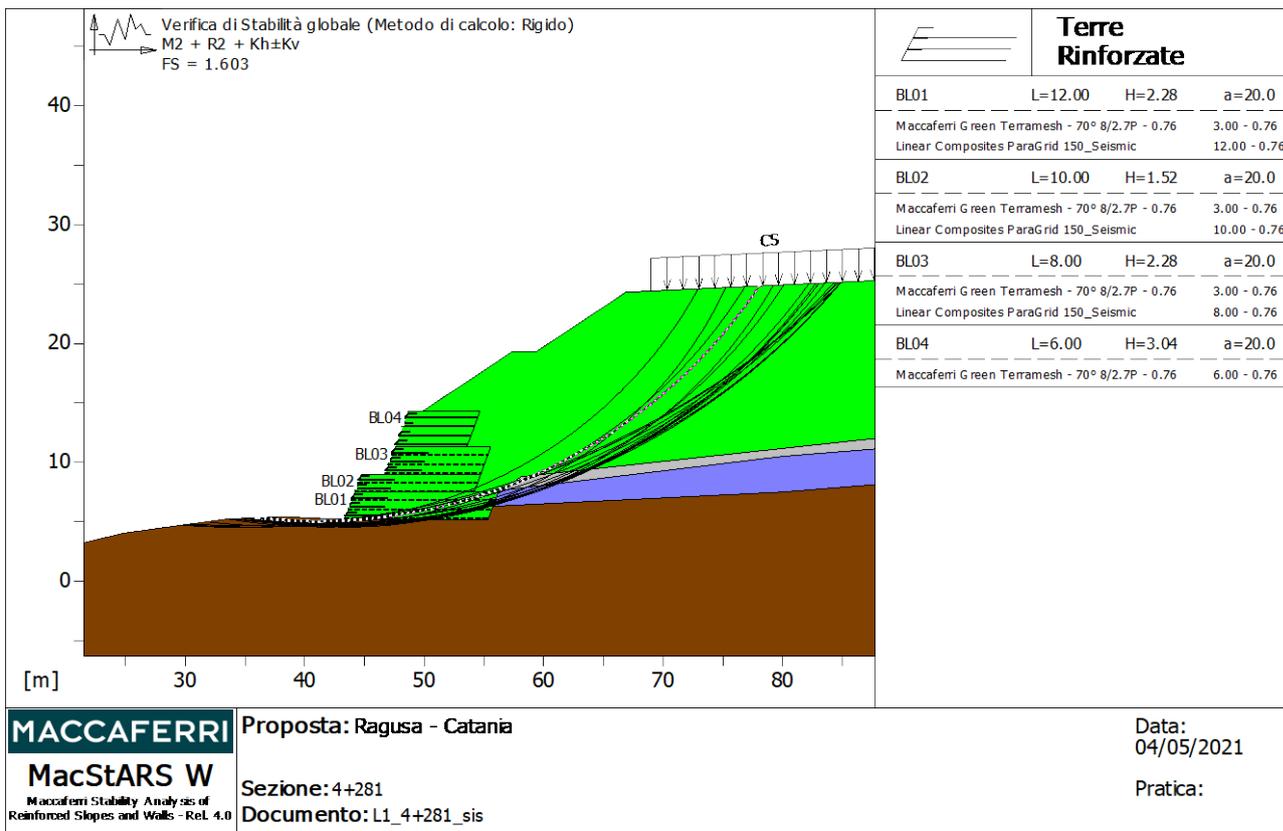
Blocco : BL04

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

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.760	50.0	156.5	39.7	1.26	3.94

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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

RELAZIONE DI CALCOLO



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

Proposta: Ragusa - Catania
Sezione: 4+281
Documento: L1_4+281_sis

Data:
04/05/2021
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.....: 1.603

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
20.00	37.00	65.00	85.00
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	

Blocco : BL01

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

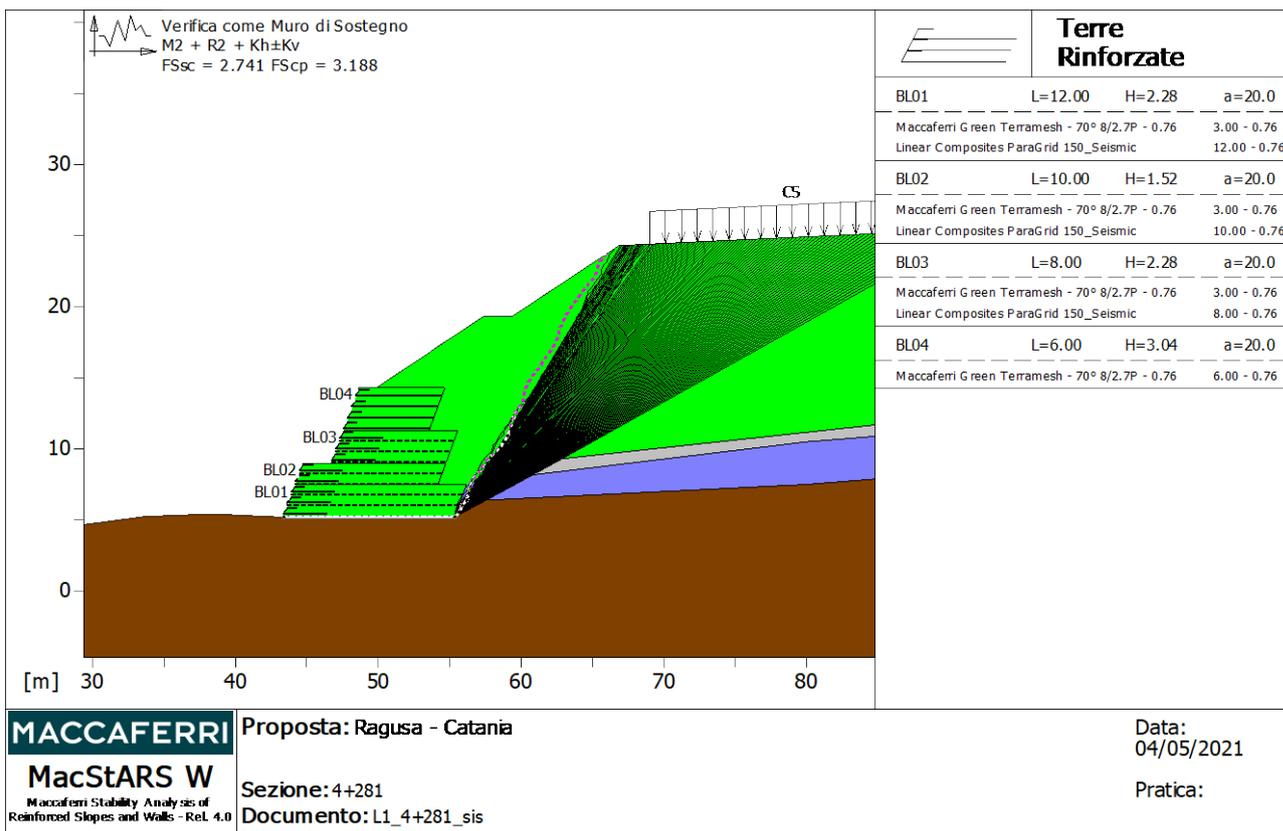
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	50.0	110.4	39.7	1.26	2.78

RELAZIONE DI CALCOLO

Blocco : BL01
Linear Composites - ParaGrid - 150_Seismic

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	150.0	36.9	36.9	4.07	1.00
0.760	150.0	704.3	136.4	1.10	5.16
1.520	150.0	769.5	136.4	1.10	5.64

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : BL01

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 2850.60

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 1039.90

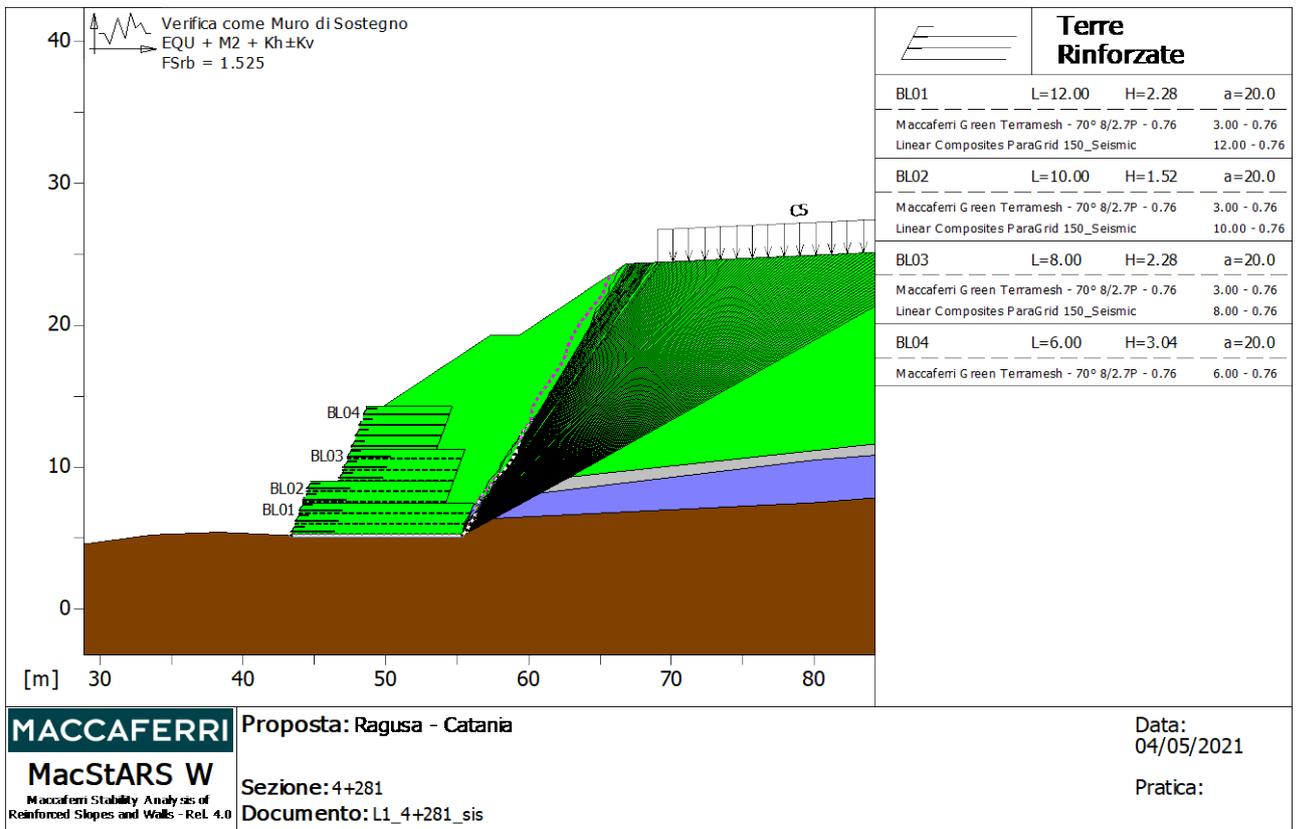
Classe scorrimento.....: Coeff. Parziale R - Scorrimento

RELAZIONE DI CALCOLO

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 2.741
Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 1245.30
Pressione media agente.....[kN/m²].....: 390.67
Classe pressione.....: Coeff. Parziale R - Capacità portante
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 3.188
Fondazione equivalente.....[m].....: 5.80
Eccentricità forza normale.....[m].....: 3.10
Braccio momento.....[m].....: 10.72
Forza normale.....[kN].....: 2014.70
Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....: 462.87
Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 0.00

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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
1.00	Coeff. Parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. Parziale R - Capacità portante



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv
 Stabilità verificata sul blocco : BL01
 Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....:16993.00
 Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....:11147.00
 Classe momento.....: Coeff. Parziale R - Ribaltamento
 Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 1.525

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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
1.00	Coeff. Parziale R - Ribaltamento

10.3 SEZIONE KM 4+326 – CONDIZIONI STATICHE

10.3.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni

Terreno : AR Descrizione : terrazzi fluviali
 Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione.....[kN/m²].....: 0.00
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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].....: 17.50
 Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 17.50
 Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : DT Descrizione : Detrito superficiale
 Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione.....[kN/m²].....: 0.00
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
 Angolo d'attrito.....[°].....: 33.00
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 21.60
 Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 21.60
 Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : MC Descrizione : biocalcareni cementate
 Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione.....[kN/m²].....: 200.00
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
 Angolo d'attrito.....[°].....: 30.00

Rinforzi :

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

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

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

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

Linear Composites - ParaGrid - 200

Lunghezza.....[m].....= 18.00

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

Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : BL02

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 13.00 Altezza.....= 3.04

Arretramento.....[m].....= 2.00 da BL01

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

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

Rilevato strutturale.....: RN

Terreno di riempimento a tergo.....: RN

Terreno di copertura.....: RN

Terreno di fondazione.....: RN

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

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

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

Rinforzi :

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

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

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

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

Linear Composites - ParaGrid - 200

Lunghezza.....[m].....= 13.00

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

Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : BL03

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 10.00 Altezza.....= 2.28

Arretramento.....[m].....= 0.00 da BL02

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

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

Rilevato strutturale.....: RN

Terreno di riempimento a tergo.....: RN

Terreno di copertura.....: RN

Terreno di fondazione.....: RN

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO

Rinforzi :

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

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

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

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

Linear Composites - ParaGrid - 150

Lunghezza.....[m].....= 10.00

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

Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : BL04

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 8.00 Altezza.....= 2.28

Arretramento.....[m].....= 2.00 da BL03

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

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

Rilevato strutturale.....: RN

Terreno di riempimento a tergo.....: RN

Terreno di copertura.....: RN

Terreno di fondazione.....: RN

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

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

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

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

Linear Composites - ParaGrid - 150

Lunghezza.....[m].....= 8.00

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

Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : BL05

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 6.00 Altezza.....= 3.04

Arretramento.....[m].....= 0.00 da BL04

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

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

Rilevato strutturale.....: RN

Terreno di riempimento a tergo.....: RN

Terreno di copertura.....: RN

Terreno di fondazione.....: RN

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 - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76
Lunghezza.....[m].....= 6.00
Interasse.....[m].....= 0.76
Risolto.....[m].....= 0.65

10.3.4 Carichi

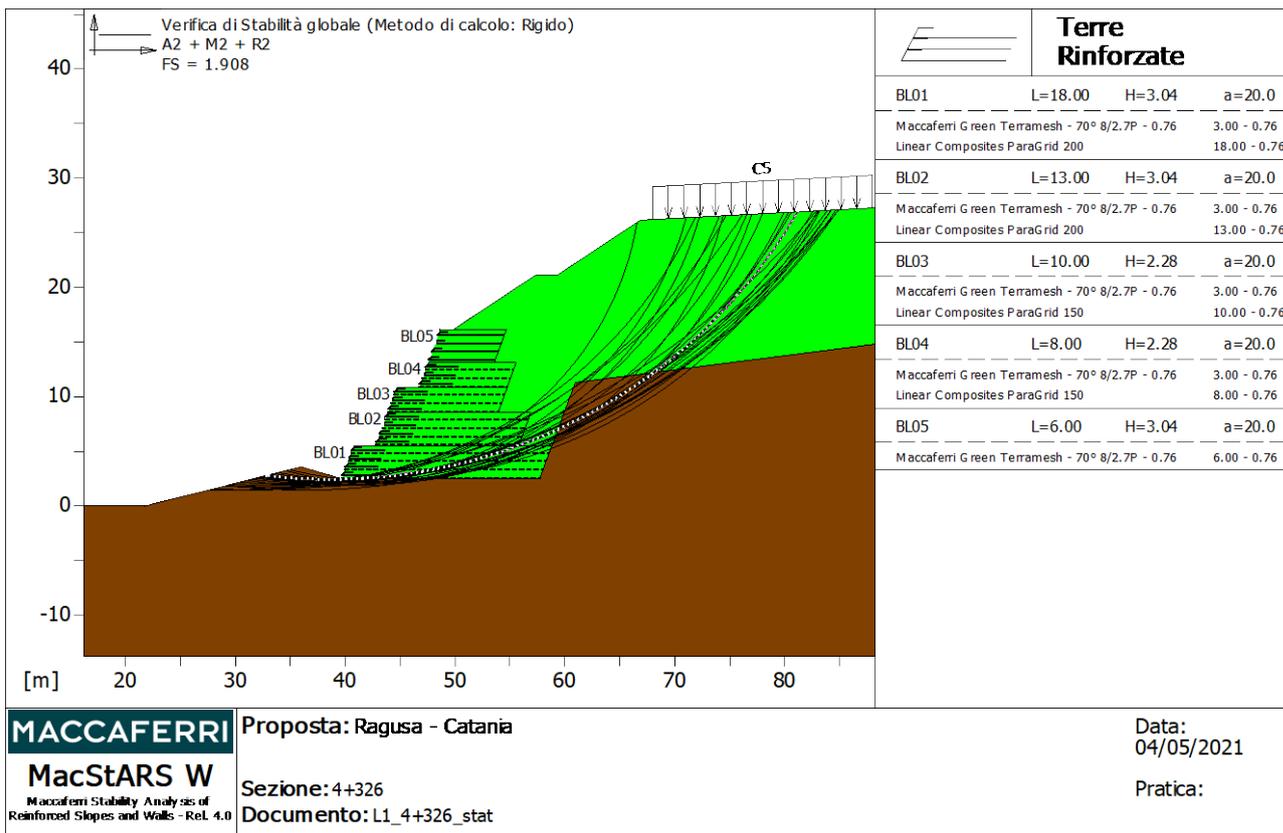
Pressione : CS Descrizione : Carico stradale
Classe : Variabile - sfavorevole
Intensità.....[kN/m²]..= 20.00 Inclinazione.....[°]..= 0.00
Ascissa.....[m] : Da = 68.00 To = 88.00

10.3.5 Proprieta' dei rinforzi utilizzati

Linear Composites - ParaGrid - 150
Carico di rottura Nominale Tr.....[kN/m] : 150.00
Rapporto di Scorrimento plastico..... : 0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m³/kN] : 1.10e-04
Rigidezza estensionale.....[kN/m] : 1667.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m] : 0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... : 1.52
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... : 1.51
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... : 1.51
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... : 1.51
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo..... : 0.21
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia..... : 0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia..... : 0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo..... : 0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla..... : 0.40
Linear Composites - ParaGrid - 200
Carico di rottura Nominale Tr.....[kN/m] : 200.00
Rapporto di Scorrimento plastico..... : 0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m³/kN] : 1.10e-04
Rigidezza estensionale.....[kN/m] : 2222.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m] : 0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... : 1.52
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... : 1.51
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... : 1.51
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... : 1.51
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo..... : 0.25
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia..... : 0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia..... : 0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo..... : 0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla..... : 0.40
Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76

Carico di rottura Nominale Tr	[kN/m].....	50.00
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).....		1.26
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

10.3.6 Verifiche



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.....: 1.908

RELAZIONE DI CALCOLO

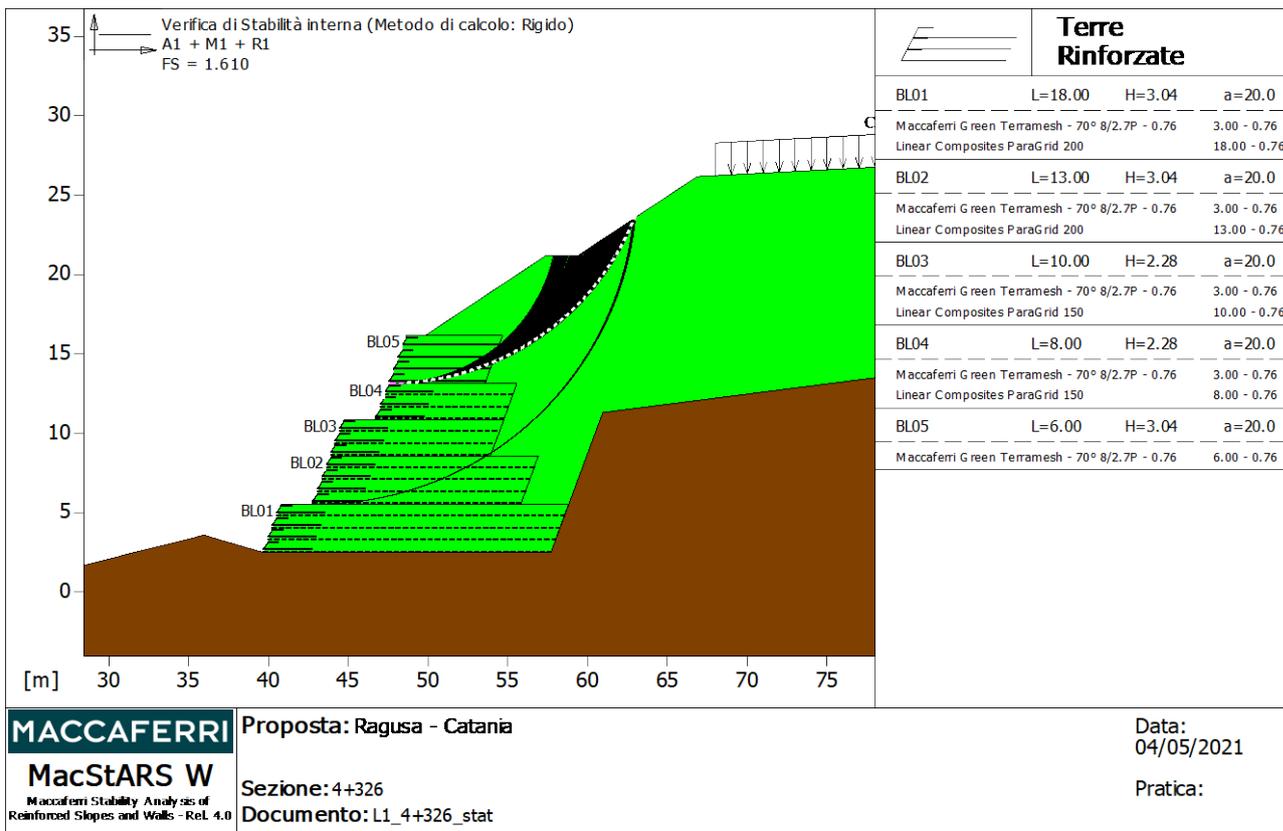
Intervallo di ricerca delle superfici				
Segmento di partenza, ascisse [m]			Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto		Primo punto	Secondo punto
20.00	37.00		65.00	85.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:				50
Numero totale superfici di prova.....:				500
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:				0.50
Angolo limite orario.....[°].....:				0.00
Angolo limite antiorario.....[°].....:				0.00

Blocco : BL01						
Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76						
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td	
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax		
0.000	50.0	107.9	39.7	1.26	2.72	

Blocco : BL01						
Linear Composites - ParaGrid - 200						
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td	
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax		
0.000	200.0	22.3	22.3	8.97	1.00	
0.760	200.0	908.7	131.6	1.52	6.91	
1.520	200.0	1822.9	131.6	1.52	13.85	
2.280	200.0	1961.8	131.6	1.52	14.91	

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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

RELAZIONE DI CALCOLO



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.....: 1.610

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
BL01	Primo punto	Secondo punto
	50.00	63.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 1
Numero totale superfici di prova.....: 1000
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50
Angolo limite orario..... [°].....: 1.00
Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00

Blocco : BL05

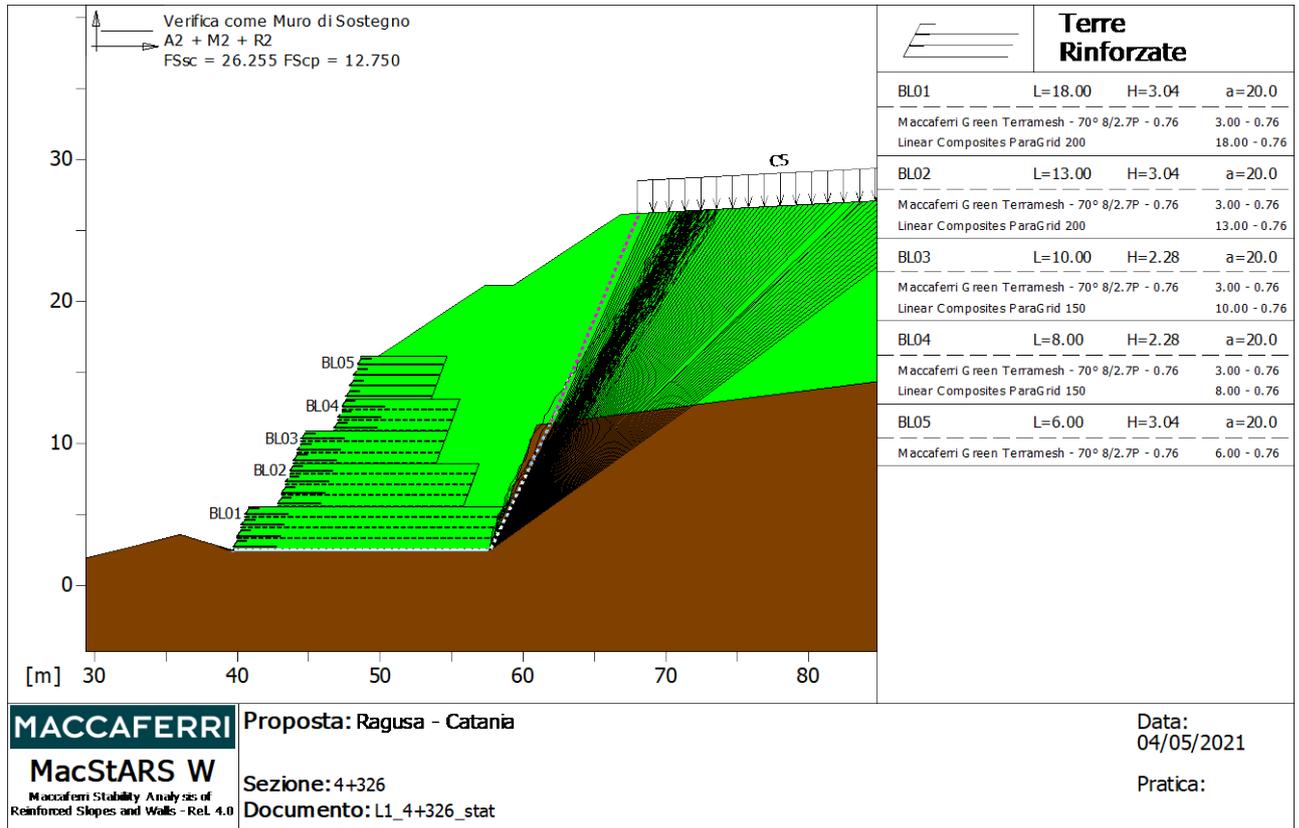
Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.760	50.0	156.9	39.7	1.26	3.95

Fattore 1.50 Classe Variabile - sfavorevole

RELAZIONE DI CALCOLO

1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2
 Stabilità verificata sul blocco : BL01
 Forza Stabilizzante.....[kN/m] : 4961.20
 Forza Instabilizzante.....[kN/m] : 188.96
 Classe scorrimento.....: Coeff. Parziale R - Scorrimento
 Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 26.255
 Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

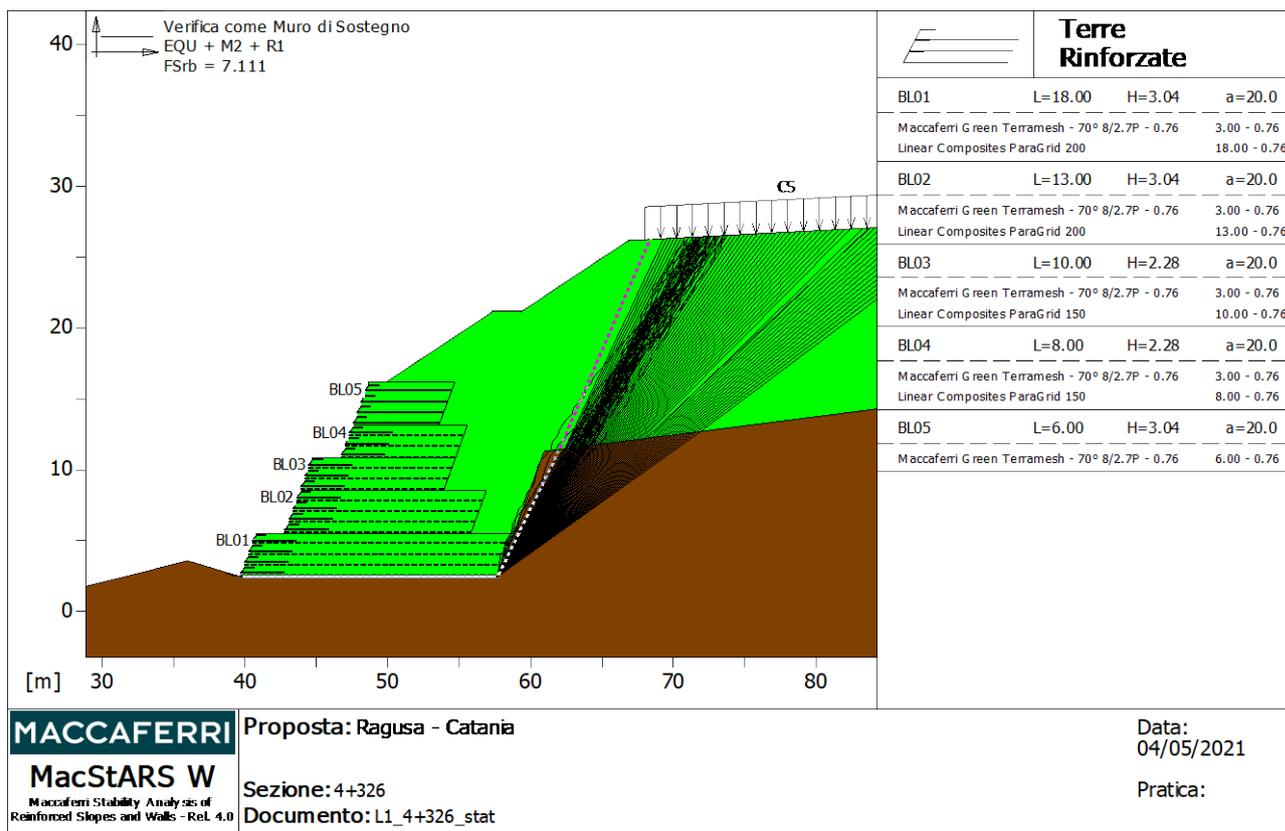
Pressione ultima.....[kN/m²] : 3194.40
 Pressione media agente.....[kN/m²] : 250.54
 Classe pressione.....: Coeff. Parziale R - Capacità portante
 Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 12.750
 Fondazione equivalente.....[m] : 18.00
 Eccentricità forza normale.....[m] : -1.39
 Braccio momento.....[m] : 41.46
 Forza normale.....[kN] : 4505.80
 Pressione estremo di valle.....[kN/m²] : 133.91
 Pressione estremo di monte.....[kN/m²] : 458.13

MANDATARIA:

MANDANTI:

RELAZIONE DI CALCOLO

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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
1.00	Coeff. Parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. Parziale R - Capacità portante



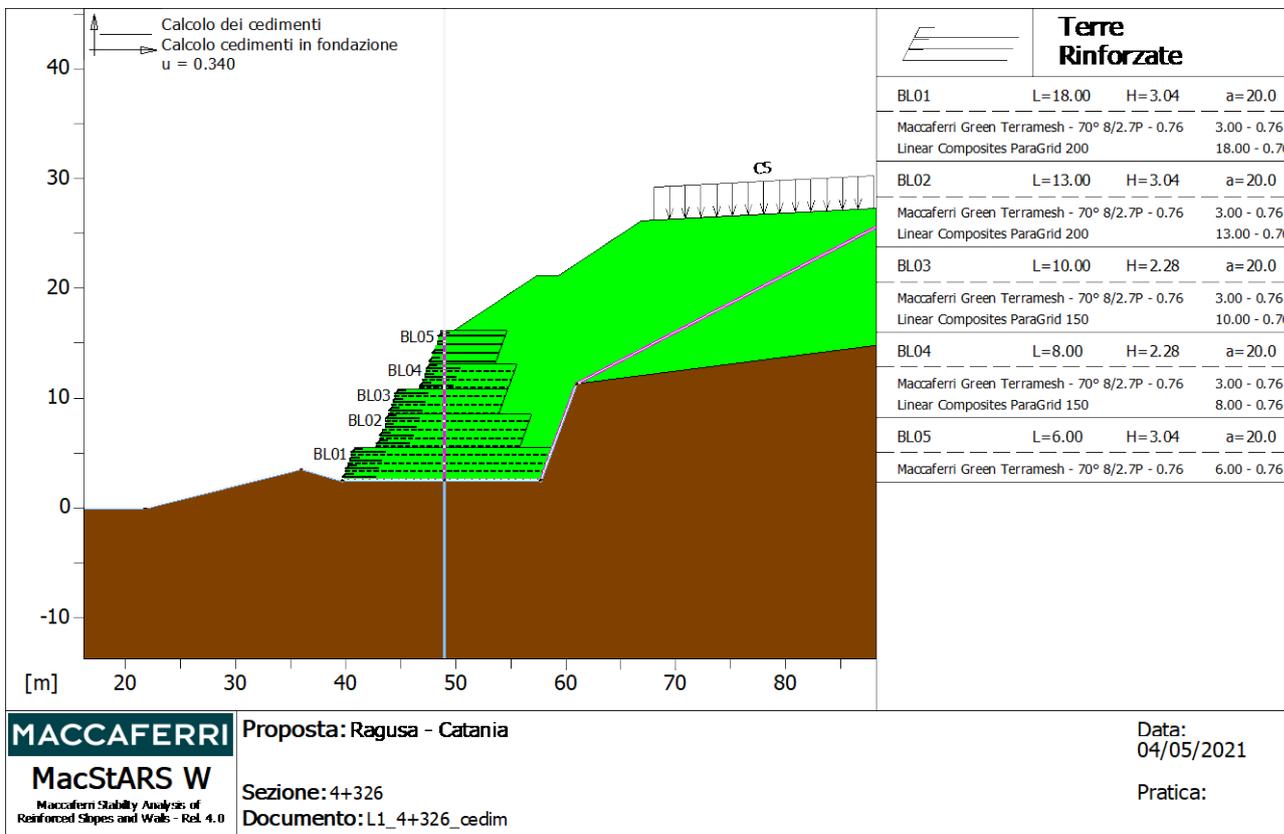
Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + R1
 Stabilità verificata sul blocco : BL01
 Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....:49182.00
 Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 6915.90
 Classe momento.....: Coeff. Parziale R - Ribaltamento
 Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 7.111

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

RELAZIONE DI CALCOLO

1.00 Coeff. Parziale R - Ribaltamento



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

Proposta: Ragusa - Catania
Sezione: 4+326
Documento: L1_4+326_cedim

Data:
04/05/2021
Pratica:

Calcolo del cedimento :

Combinazione di carico : Calcolo cedimenti in fondazione

Ascissa della verticale di calcolo.....[m].....: 49.00

Cedimento.....[m].....: 0.340

Poligonale che definisce la parte di terreno da considerare come carico

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	21.76	0.00	35.98	3.59	39.70	2.49
57.70	2.49	60.95	11.30	91.84	15.27		

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

10.4 SEZIONE KM 4+326 – CONDIZIONI SISMICHE

10.4.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni

Terreno : AR Descrizione : terrazzi fluviali

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....[kN/m ²].....:	0.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio	
Angolo d'attrito.....[°].....:	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/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 : DT Descrizione : Detrito superficiale

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....[kN/m ²].....:	0.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio	
Angolo d'attrito.....[°].....:	33.00
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].....:	21.60
Peso specifico in falda.....[kN/m ³].....:	21.60
Modulo elastico.....[kN/m ²].....:	0.00
Coefficiente di Poisson.....:	0.30

Terreno : MC Descrizione : biocalcareni cementate

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....[kN/m ²].....:	200.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio	
Angolo d'attrito.....[°].....:	30.00
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].....:	23.00
Peso specifico in falda.....[kN/m ³].....:	23.00
Modulo elastico.....[kN/m ²].....:	0.00
Coefficiente di Poisson.....:	0.30

Terreno : RN Descrizione : rilevato di nuova realizzazione

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace	
Coesione.....[kN/m ²].....:	0.00
Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio	
Angolo d'attrito.....[°].....:	35.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....:	0.00
Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole	
Peso specifico sopra falda.....[kN/m ³].....:	20.50
Peso specifico in falda.....[kN/m ³].....:	20.50

RELAZIONE DI CALCOLO

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

10.4.2 Profili stratigrafici

Strato: MC

Descrizione:

Terreno : MC

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	21.76	0.00	35.98	3.59	39.70	2.49
57.70	2.49	60.95	11.30	91.84	15.27		

Strato: RN

Descrizione:

Terreno : RN

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]							
46.00	2.49	48.65	16.17	49.85	16.17	57.35	21.17
59.35	21.17	66.85	26.17	91.84	27.48		

10.4.3 Blocchi rinforzati

Blocco : BL01

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 18.00 Altezza..... = 3.04
Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa..... = 39.70 Ordinata..... = 2.49
Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia
Rilevato strutturale.....: RN
Terreno di riempimento a tergo.....: RN
Terreno di copertura.....: RN
Terreno di fondazione.....: MC

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

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

Rinforzi :

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

Lunghezza.....[m]..... = 3.00
Interasse.....[m]..... = 0.76
Risolto.....[m]..... = 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 200_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 18.00
Interasse verticale.....[m]..... = 0.76
Offset.....[m]..... = 0.00

Blocco : BL02

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 13.00 Altezza..... = 3.04
Arretramento.....[m]..... = 2.00 da BL01
Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

RELAZIONE DI CALCOLO

Rilevato strutturale.....: RN
Terreno di riempimento a tergo.....: RN
Terreno di copertura.....: RN
Terreno di fondazione.....: RN

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof
Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76
Lunghezza.....[m].....= 3.00
Interasse.....[m].....= 0.76
Risolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 200_Seismic
Lunghezza.....[m].....= 13.00
Interasse verticale.....[m].....= 0.76
Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : BL03

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 10.00 Altezza.....= 2.28
Arretramento.....[m].....= 0.00 da BL02
Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof
Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Rinforzi :

Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76
Lunghezza.....[m].....= 3.00
Interasse.....[m].....= 0.76
Risolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 150_Seismic
Lunghezza.....[m].....= 10.00
Interasse verticale.....[m].....= 0.76
Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : BL04

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 8.00 Altezza.....= 2.28
Arretramento.....[m].....= 2.00 da BL03
Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

RELAZIONE DI CALCOLO

Terreno di riempimento a tergo.....: RN
Terreno di copertura.....: RN
Terreno di fondazione.....: RN

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

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

Rinforzi :

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

Lunghezza.....[m].....= 3.00
Interasse.....[m].....= 0.76
Risolto.....[m].....= 0.65

Linear Composites - ParaGrid - 150_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 8.00
Interasse verticale.....[m].....= 0.76
Offset.....[m].....= 0.00

Blocco : BL05

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 6.00 Altezza.....= 3.04
Arretramento.....[m].....= 0.00 da BL04
Inclinazione paramento.....[°].....: 20.00

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

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

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

Rinforzi :

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

Lunghezza.....[m].....= 6.00
Interasse.....[m].....= 0.76
Risolto.....[m].....= 0.65

10.4.4 Carichi

Pressione : CS Descrizione : Carico stradale

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²].....= 6.00 Inclinazione.....[°].....= 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 68.00 To = 88.00

Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s²].....: Orizzontale.....= 1.02 Verticale.....= 0.51

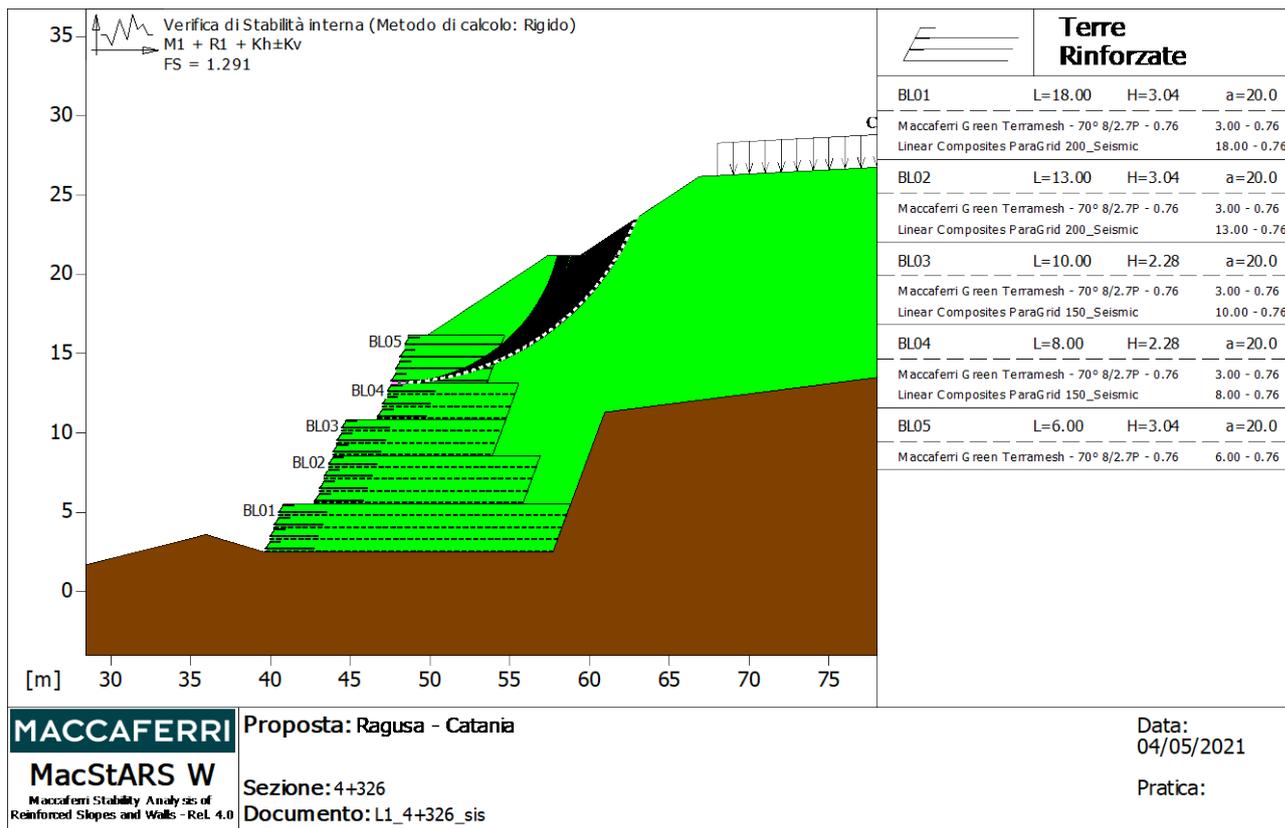
10.4.5 Proprieta' dei rinforzi utilizzati

Linear Composites - ParaGrid - 150_Seismic		
Carico di rottura Nominale Tr	[kN/m]	150.00
Rapporto di Scorrimento plastico		0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico	[m ³ /kN]	1.10e-04
Rigidezza estensionale	[kN/m]	1667.00
Lunghezza minima di ancoraggio	[m]	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)		1.10
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		0.21
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo		0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla		0.40
Linear Composites - ParaGrid - 200_Seismic		
Carico di rottura Nominale Tr	[kN/m]	200.00
Rapporto di Scorrimento plastico		0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico	[m ³ /kN]	1.10e-04
Rigidezza estensionale	[kN/m]	2222.00
Lunghezza minima di ancoraggio	[m]	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)		1.10
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		0.25
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo		0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla		0.40
Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76		
Carico di rottura Nominale Tr	[kN/m]	50.00
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)		1.26
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

RELAZIONE DI CALCOLO

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

10.4.6 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.....: 1.291

Blocco	Intervallo di ricerca delle superfici	
	Primo punto	Secondo punto
BL01	50.00	63.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 1		
Numero totale superfici di prova.....: 1000		
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50		
Angolo limite orario..... [°].....: 1.00		
Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00		

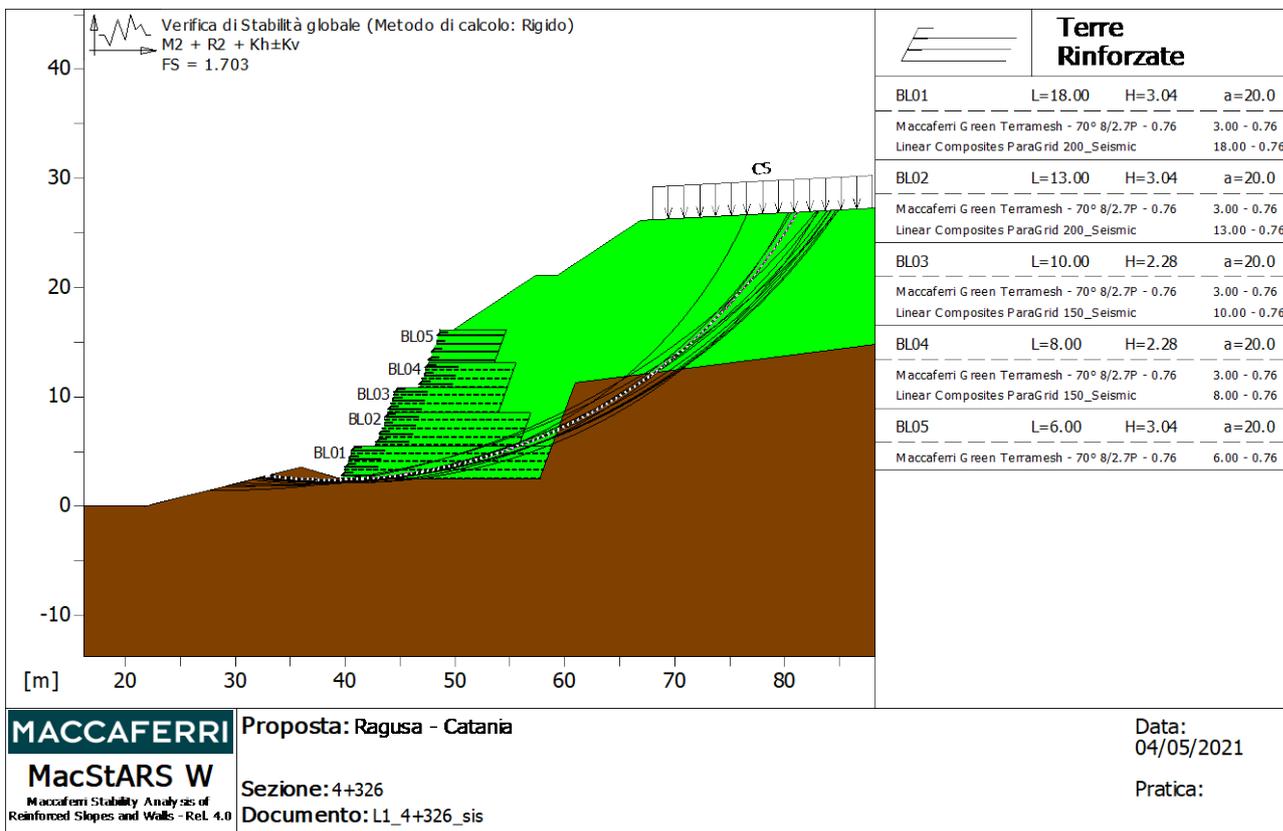
RELAZIONE DI CALCOLO

Blocco : BL05

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

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.760	50.0	156.9	39.7	1.26	3.95

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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



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.....: 1.703

RELAZIONE DI CALCOLO

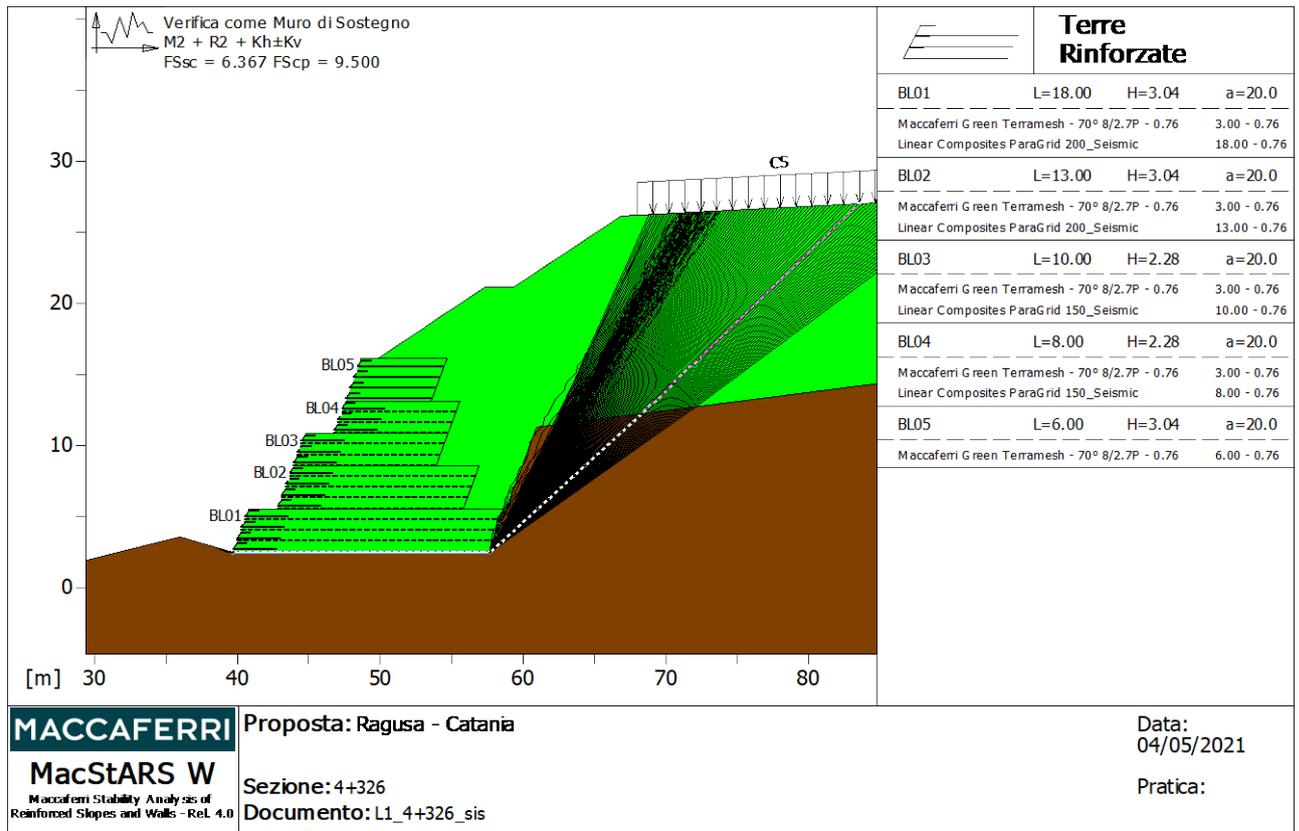
Intervallo di ricerca delle superfici			
Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
20.00	37.00	65.00	85.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:			50
Numero totale superfici di prova.....:			500
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:			0.50
Angolo limite orario.....[°].....:			0.00
Angolo limite antiorario.....[°].....:			0.00

Blocco : BL01					
Maccaferri - Green Terramesh - 70° - 8/2.7P - 0.76					
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	50.0	107.9	39.7	1.26	2.72

Blocco : BL01					
Linear Composites - ParaGrid - 200_Seismic					
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	200.0	22.3	22.3	8.97	1.00
0.760	200.0	908.7	181.8	1.10	5.00
1.520	200.0	1822.9	181.8	1.10	10.03
2.280	200.0	1961.8	181.8	1.10	10.79

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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

RELAZIONE DI CALCOLO



Verifica come muro di sostegno :

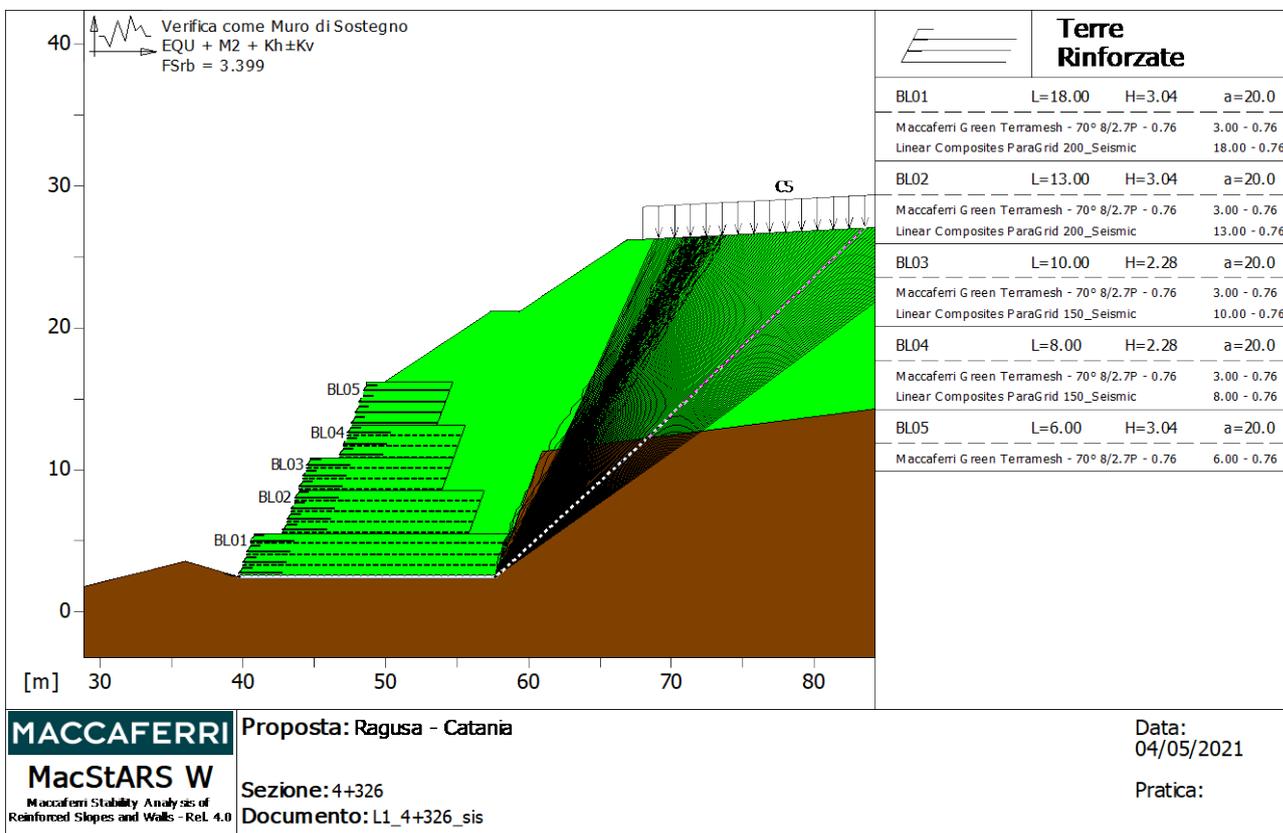
Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv
 Stabilità verificata sul blocco : BL01
 Forza Stabilizzante.....[kN/m] : 4852.90
 Forza Instabilizzante.....[kN/m] : 762.19
 Classe scorrimento.....: Coeff. Parziale R - Scorrimento
 Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 6.367
 Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²] : 2290.00
 Pressione media agente.....[kN/m²] : 241.05
 Classe pressione.....: Coeff. Parziale R - Capacità portante
 Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 9.500
 Fondazione equivalente.....[m] : 18.00
 Eccentricità forza normale.....[m] : -0.03
 Braccio momento.....[m] : 21.09
 Forza normale.....[kN] : 4271.50
 Pressione estremo di valle.....[kN/m²] : 235.72
 Pressione estremo di monte.....[kN/m²] : 240.46

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

RELAZIONE DI CALCOLO

- 1.00 Fs Rottura Rinforzi
- 1.00 Fs Sfilamento Rinforzi
- 1.00 Coeff. Parziale R - Scorrimento
- 1.00 Coeff. Parziale R - Capacità portante



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv
 Stabilità verificata sul blocco : BL01
 Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....:54647.00
 Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....:16076.00
 Classe momento.....: Coeff. Parziale R - Ribaltamento
 Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 3.399

- Fattore 1.00 Classe Variabile - sfavorevole
- 1.00 Sisma
- 1.25 Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al 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
- 1.00 Coeff. Parziale R - Ribaltamento