



**SOLUZIONI CON GEOSINTETICI
NELLA PROGETTAZIONE
GEOTECNICA, IDRAULICA E AMBIENTALE**

**Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in
frana con terre rinforzate**
Principi di progettazione, casi applicativi

Ing. Alberto Simini

HUESKER Synthetic GmbH

Anno di fondazione: 1861

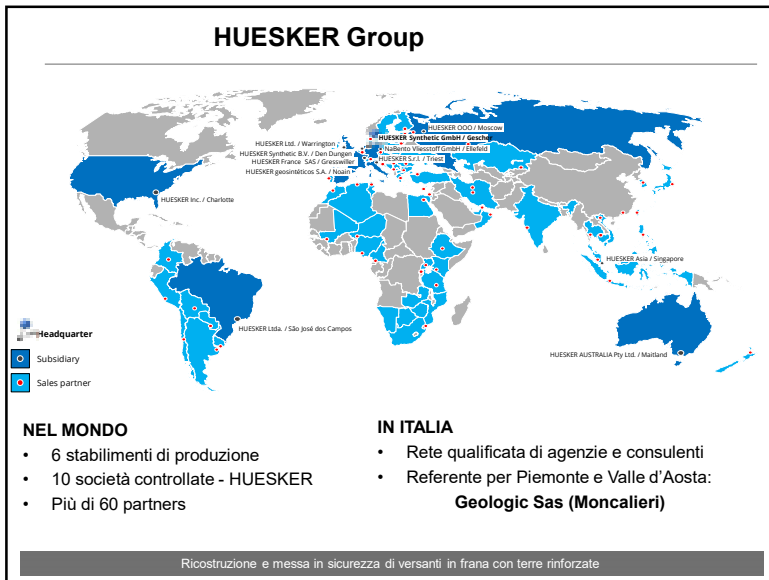



160 HUESKER 1861 - 2021 YEARS

Dove la tradizione ... **... si incontra con il progresso**

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

HUESKER Group



NEL MONDO

- 6 stabilimenti di produzione
- 10 società controllate - HUESKER
- Più di 60 partners

IN ITALIA

- Rete qualificata di agenzie e consulenti
- Referente per Piemonte e Valle d'Aosta:
Geologic Sas (Moncalieri)

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

INDICE

- 1) GEOSINTETICI DI RINFORZO NELLE OPERE CIVILI
- 2) PRINCIPIO DEL RINFORZO DELLE TERRE CON GEOSINTETICI
- 3) CALCOLO DELLA TENSIONE DI PROGETTO A LUNGO TERMINE
- 4) ESEMPIO DI CALCOLO DI UNA TERRA RINFORZATA
- 5) ESEMPI DI APPLICAZIONI CON GEOSINTETICI



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

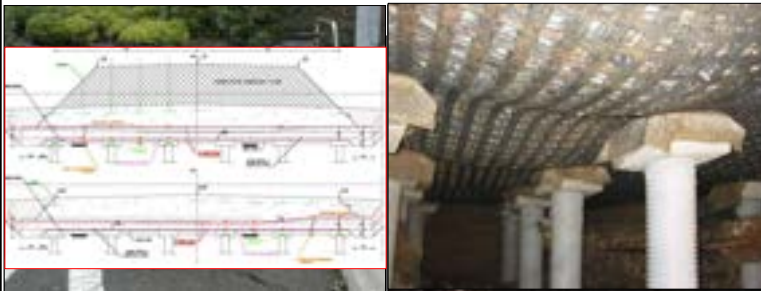
TERRE RINFORZATE



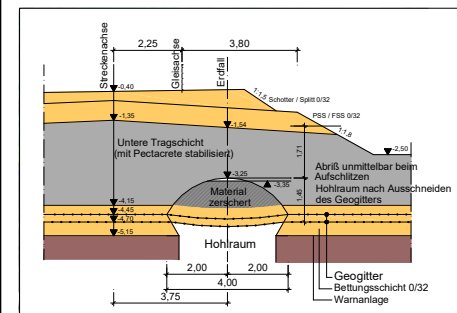
RINFORZO DI BASE



RINFORZO SU PALI



RINFORZO SU CAVITÀ



RINFORZO DEI SOTTOFONDI STRADALI



RINFORZO DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

PALI INCAPSULATI CON GEOTESSILI TUBOLARI

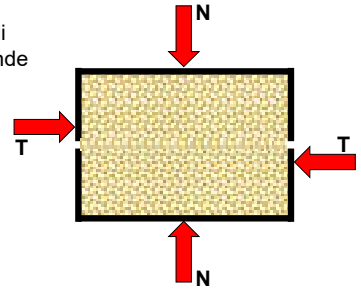


Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

I GEOSINTETICI DI RINFORZO
SONO VERE E PROPRIE ARMATURE CHE SVOLGONO
FUNZIONE STRUTTURALE,
DI CONSEGUENZA
LA SICUREZZA DELLE OPERE
È DIRETTAMENTE LEGATA ALLE
PRESTAZIONI DEGLI STESSI.

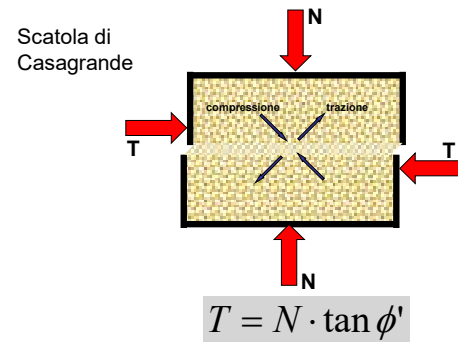
Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

PRINCIPIO DEL RINFORZO DEI TERRENI CON GEOSINTETICI



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

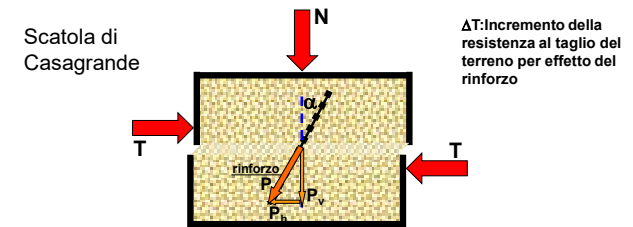
PRINCIPIO DEL RINFORZO DEI TERRENI CON GEOSINTETICI



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

PRINCIPIO DEL RINFORZO DEI TERRENI CON GEOSINTETICI

$$T + \Delta T = N \cdot \tan \phi' + P \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha \cdot \tan \phi')$$

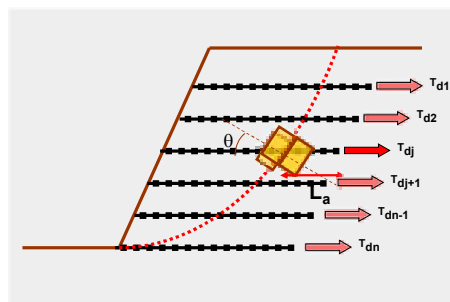


Un geosintetico di rinforzo aumenta la resistenza al taglio del terreno lungo la superficie di rottura grazie a due effetti benefici:

- 1) Oppone resistenza alla sollecitazione di taglio agente
- 2) Aumenta la resistenza al taglio poiché incrementa la tensione normale sulla superficie di scorrimento

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

TENSIONE DI PROGETTO A LUNGO TERMINE (LTDS)



Tensione di Progetto T_d :

è la tensione minima che il geosintetico di rinforzo dovrà garantire alla fine della vita utile di progetto prevista dell'opera.

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

FORMULE PER IL CALCOLO DELLA TENSIONE DI PROGETTO A LUNGO TERMINE (LTDS)

BS 8006 (UK)

$$T_{des} = \frac{F_{creep} \cdot T_{k ult.}}{f_m \cdot f_d \cdot f_e}$$

Fattori di riduzione

EBGEO (DE)

$$F_d = \frac{F_k}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot \gamma_B}$$

Fattori di sicurezza

Pr NF G 38064 (FR)

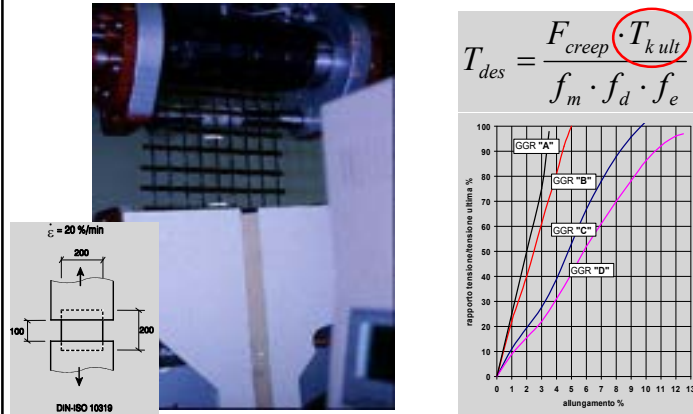
$$T_{adm} = \frac{T_{ik}}{\gamma_{geo} \cdot \Gamma_{flu} \cdot \Gamma_{viel} \cdot \Gamma_{instal}}$$

FHWA / GRI (USA)

$$T_{al} = \frac{T_{ult}}{RF_{CR} \cdot RF_{ID} \cdot RF_D \cdot RF_{JT} \cdot FS}$$

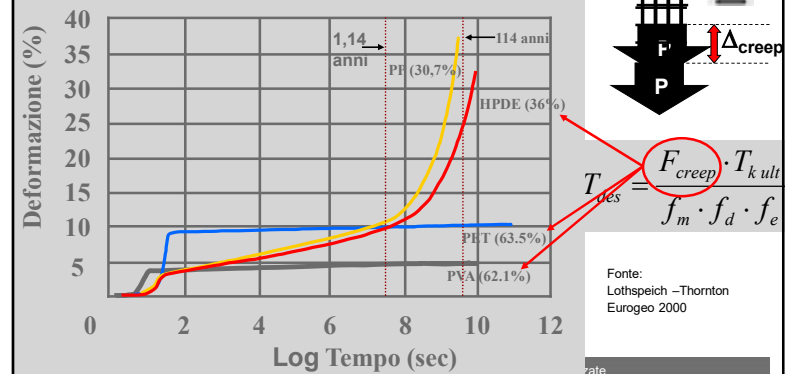
Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

PROVA DI TRAZIONE SUI GEOSINTETICI (EN ISO 10.319)
DIAGRAMA TENSIONE-DEFORMAZIONE A BREVE TERMINE



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Deformazione per creep dei geosintetici di rinforzo
(GRI GS10)

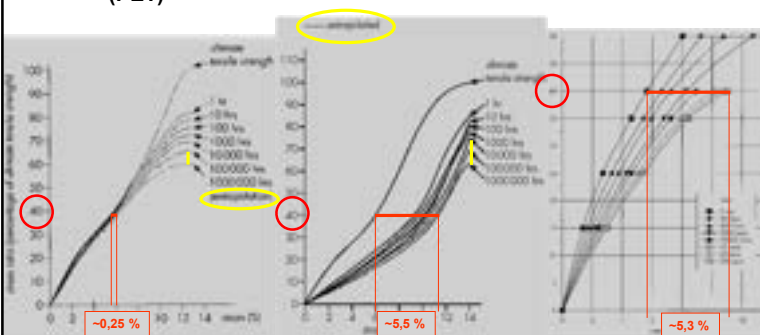


CURVE ISOCRONE: tensione versus deformazione nel tempo

Geogriglia A (PET)

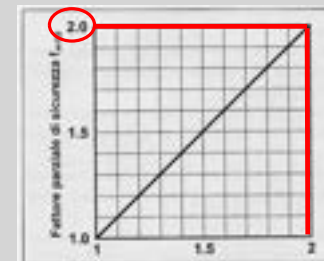
Geogriglia B (PET)

Geogriglia C (HDPE)



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

BS 8006: FATTORE DI RIDUZIONE PER VARIABILITÀ DELLA PRODUZIONE ED ESTRAPOLAZIONE



Cicli logaritmici di estrapolazione

$$f_{m122} = \log_{10}(t_d / t_i)$$

t_d = vita utile di progetto del geosintetico

t_i = durata delle prove di creep

$$T_{des} = \frac{F_{creep} \cdot T_{k ult}}{f_m \cdot f_d \cdot f_e}$$

Esempio:

Durata delle prove di creep: 10.000 ore (ca. 1,14 anni)

Vita utile dell'opera: 1.000.000 ore (ca. 114 anni)

Cicli log: 2 → $f_{m122} = 2$

$$(f_m = f_{m11} \times f_{m12} ; f_{m12} = f_{m121} \times f_{m122})$$

f_{m11} = variabilità produzione (qualità)

f_{m12} = banca dati prove ed estrapolazione

FATTORE DI DANNEGGIAMENTO MECCANICO

Fattore di riduzione che si determina mediante prove di danneggiamento meccanico effettuate su ogni tipo di geogriglia (prodotto, polimero, resistenza) cambiando il materiale di riempimento (argille, sabbie, ciottoli, ghiaia frantumata, ecc.)

$$T_{des} = \frac{F_{creep} \cdot T_{kult}}{f_m \cdot f_d \cdot f_e}$$

Esempio: geogriglie di 80 kN/m

Terreno	Variazioni di f_d per tipo di geogriglia
Argilla - sabbia	1,0 – 1,20
Ghiaia	1,05 – 1,45
Ghiaia frantumata	1,05 – > 1,50

E' consentito adottare il fattore di riduzione di una geogriglia di minore resistenza per una geogriglia di maggiore resistenza appartenente alla stessa famiglia

FATTORE RIDUZIONE PER ATTACCO CHIMICO

Fattore di riduzione che si determina mediante prove di danneggiamento chimico effettuate su ogni materiale (polimero) in funzione del pH

$$T_{des} = \frac{F_{creep} \cdot T_{kult}}{f_m \cdot f_d \cdot f_e}$$

pH del terreno	Variazioni di f_e per tipo di geogriglia	Materia prima geogriglia
2-4	1,0 – 1,05 1,15 – 1,20	HDPE - PVA PET
4 - 9	1,0 1,0 – 1,05	HDPE - PVA PET
9 - 10	1,0 1,10 – 1,20	HDPE - PVA PET
10 - 12	1,0	HDPE - PVA
12 - 13	1,0 – 1,20	HDPE - PVA

CONSIDERAZIONI:

- Da un punto di vista prestazionale, in un geosintetico di rinforzo è determinante la **TENSIONE DI PROGETTO A LUNGO TERMINE** e **NON** la **RESISTENZA A BREVE TERMINE**.

$$T_{des} = \frac{F_{creep} \cdot T_{kult.}}{f_m \cdot f_d \cdot f_e}$$

- L'AFFIDABILITA' DEI **FATTORI DI RIDUZIONE** da applicare nel calcolo della tensione ammissibile può essere verificata solo attraverso **PROVE NORMALIZZATE** e **CERTIFICATI RILASCIATI DA ISTITUTI ACCREDITATI**.

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

NORMATIVE DI RIFERIMENTO PER PROGETTARE CON GEOSINTETICI

1) EURO CODICE 7  ANESSI



NORMATIVE NAZIONALI

Le Normative più avanzate in questo settore a livello Europeo sono:

- BS 8006 (inglese)
- EBGEO (tedesca)

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

IN ITALIA:

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC 2018)

La verifica della sicurezza agli stati limiti ultimi si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali"

$$R_d \geq E_d$$

R_d : resistenza di progetto

E_d : effetto delle azioni

coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (γ_F o γ_E)

coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (γ_M)

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

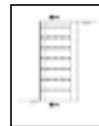
TERRE RINFORZATE: PARAMENTI



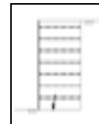
Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Progettazione / Analisi di Stabilità

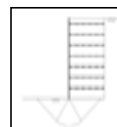
➤ Scivolamento



➤ Ribaltamento
(eccentricità ammissibile)



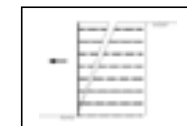
➤ Capacità portante



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Progettazione / Analisi di Stabilità

➤ Rottura del rinforzo



➤ Sfilamento del rinforzo



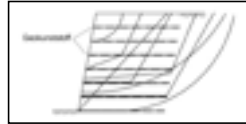
➤ Collasso della connessione
con il paramento



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Progettazione / Analisi di Stabilità

➤ Stabilità interna e composta



➤ Stabilità esterna



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Esempio di calcolo di una terra rinforzata
con due diverse geogriglie in PET
di tensione nominale di 80 kN/mAltezza: 8,40 mPendenza: 65°Spaziatura: 0,60 mSovraccarico: 20 kPaAzione sismica: $k_h = 0,066 / g$; $k_v = \pm 0,033 / g$ Parametri geotecnici:Terreno di rilevato ed a tergo : $\phi = 28^\circ$, $c = 0$ kPa, $\gamma = 19$ kN/m³Terreno di fondazione : $\phi = 32^\circ$, $c = 0$ kPa, $\gamma = 19$ kN/m³Vita prevista per la struttura: 120 anni

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

ESEMPIO DI CALCOLO

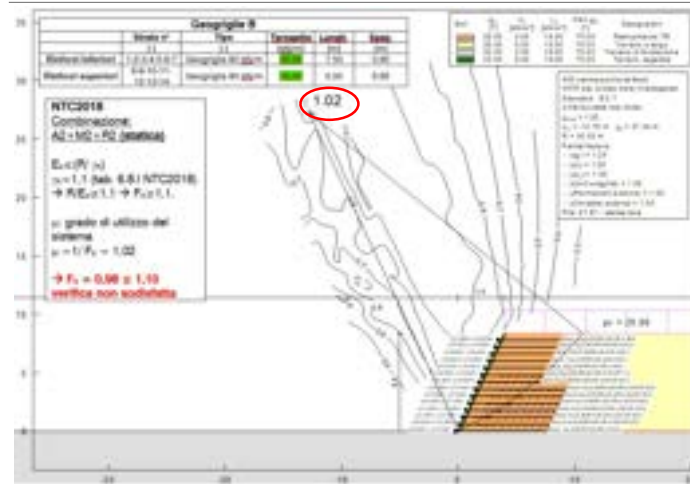
	Geogriglia tipo "A"	Geogriglia tipo "B"
Materia prima fibre	Poliestere	Poliestere
Processo di produzione	Tessitura	Tessitura
Certificato	BBA HAPAS N° 13/H197	BBA N° 01/R130
Tensione di nominale di rottura (caratteristica) (T_{ult})	80 kN/m	80 kN/m
Fattore di riduzione per creep a 120 anni (f_{creep})	0,66	0,60
Fattore di riduzione per manifattura ed estrapolazione dati (f_m)	1,11	1,20
Fattore di riduzione per danneggiamento meccanico (f_d)	1,15	1,43
Fattore di riduzione per effetti ambientali ($4 < p < 9$) (f_e)	1,06	1,00
Allungamento alla tensione nominale (caratteristica)	12,5 % (valore caratteristico con limite di confidenza min. del 95%)	12 ± 4 % (valore medio)
Tensione di progetto a 120 anni	39,02 kN/m	27,97 kN/m
Deformazione Totale (deform. istantanea + deform per creep) a 120 anni lavorando alla T_{des}	6,3 % (al 49% T_{ult})	11 % (al 35% T_{ult})

CALCOLO CON GEOGRIGLIA "A" – VERIFICA STATICA



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

CALCOLO CON GEOGRIGLIA "B" – VERIFICA STATICA



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

TERRE RINFORZATE:

- Strutture affidabili
- Comportamento duttile
- Struttura agibile mano a mano viene costruita
- Strutture versatili (adattabili alle esigenze): Geometria, pendenza, paramenti, curvature etc.
- Si inseriscono facilmente nell'ambiente circostante
- Facile realizzazione
- Veloci da costruire
- Economicamente vantaggiose



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Sistemazione versanti mediante terre rinforzate

Nome progetto: Casate (Veneto)

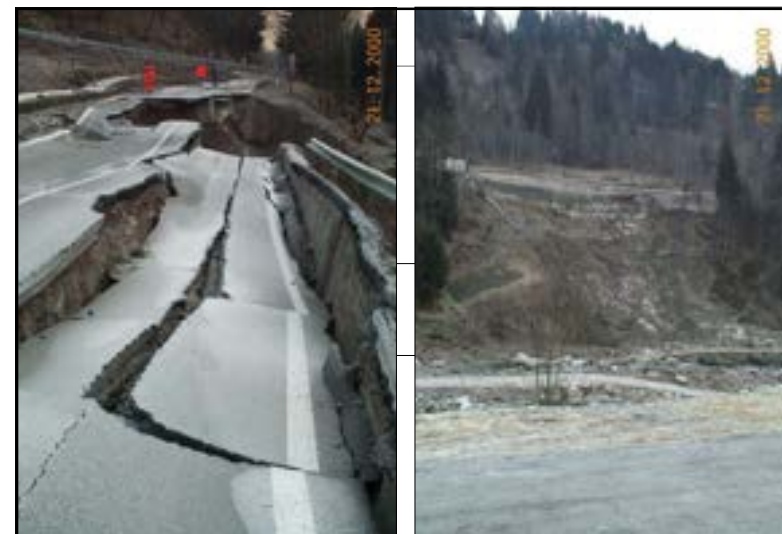
Materiali: Geogriglie 35, 55, 80, 110 kN/m antierosivo HaTe 23.142

Applicazione: ripristino pendio in frana e sostituzione muro di sostegno stradale con TR

Dati rilevanti:

- altezza della terra rinforzata 7,50 m
- drenaggio dell'area dell'intervento in frana
- velocità di esecuzione dell'opera

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

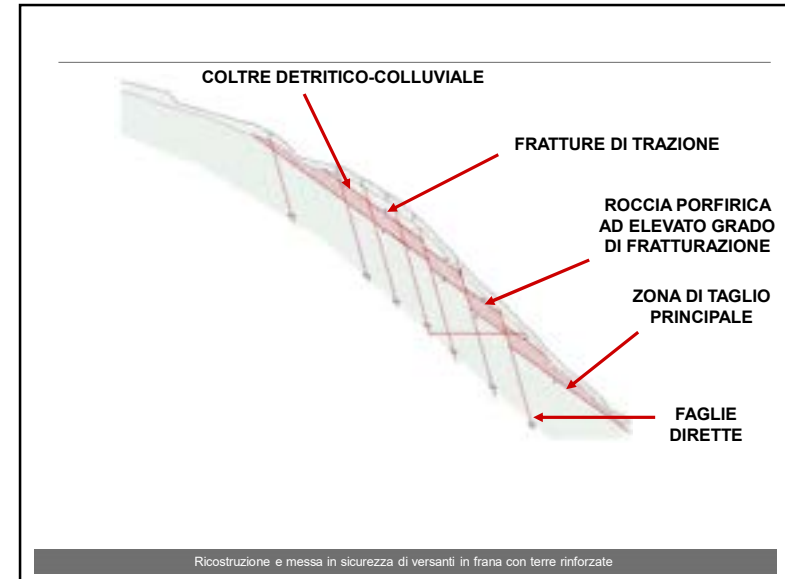




Genesi dell'instabilità del versante

- ➡ PRESENZA DI UNA FAGLIA PRINCIPALE ESTESA CHE DETERMINA UNA ZONA DI SCORRIMENTO DI SPESSORE VARIABILE TRA I 15 E 19 METRI
- ➡ INTERSEZIONE DELLA FAGLIA PRINCIPALE CON FRATTURE OBLIQUE DI ORIGINE TETTONICA CHE DETERMINANO UN ANDAMENTO A GRADINATA DELL'AMMASSO ROCCIOSO AL DI SOPRA DELLA FAGLIA PRINCIPALE
- ➡ ATTIVITA' ESTRATTIVA

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

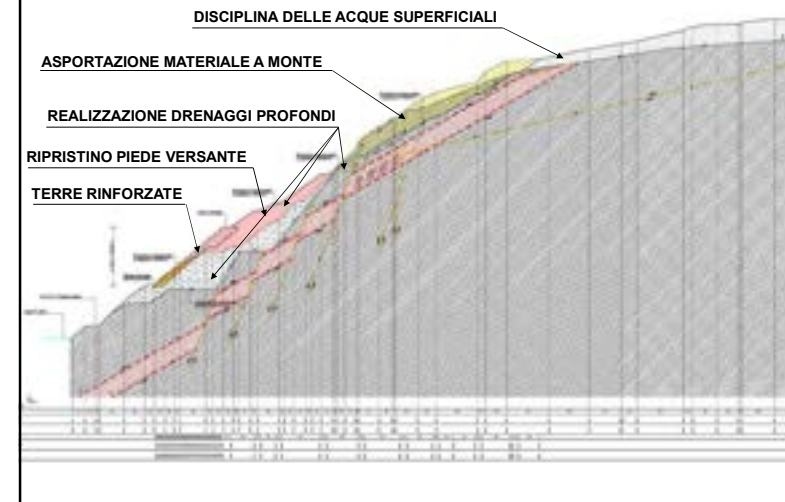


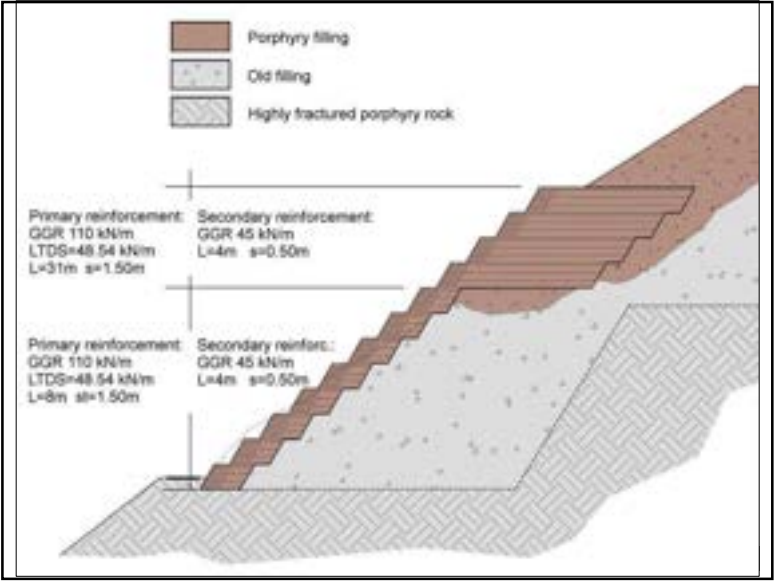
Obiettivi del progetto

- ➡ CAPTARE E ALLONTANARE DALLA ZONA DI FRANA LE ACQUE SUPERFICIALI E PROFONDE
- ➡ DIMINUIRE LE FORZE INSTABILIZZANTI ALLA SOMMITA' DELL'AREA DI FRANA
- ➡ AUMENTARE LE FORZE RESISTENTI AL PIEDE DELLA FRANA CON LA REALIZZAZIONE DI UNA TERRA RINFORZATA CON GEOGRIGLIE

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Sezione tipo





Geogriglie Fortrac - Certificazione BBA

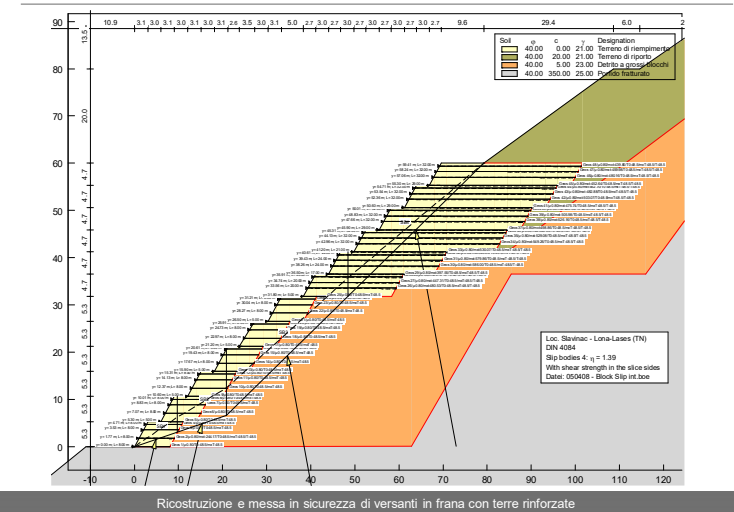
$$LTDS = \frac{f_{cr} \cdot P_{ult}}{f_d \cdot f_m \cdot f_e}$$

La resistenza e trazione a lungo termine LTDS della geogriglia è stata calcolata con il metodo dei coefficienti parziali di riduzione indicati dal BS 8006

Caratteristiche della geogriglia	Fortrac 45	Fortrac 110
	Geogriglia in PET con rivestimento polimerico	
Resistenza a trazione (longitudinale)	45 kN/m	110 kN/m
Allungamento	≤ 12.5 %	≤ 12.5 %
f_{cr} : coeff. di riduzione per creep (120 anni)	0.60	0.60
f_m : coeff. di riduzione per estrap. dati e produzione (120 anni)	1.10	1.10
f_d : coeff. di riduzione per danneggi. meccanico (porfido)	1.20	1.20
f_e : coeff. di riduzione per fattori ambientali (4≤pH≤9)	1.03	1.03
LTDS: Long Term Design Strength (120 anni)	19.86 kN/m	48.54 kN/m

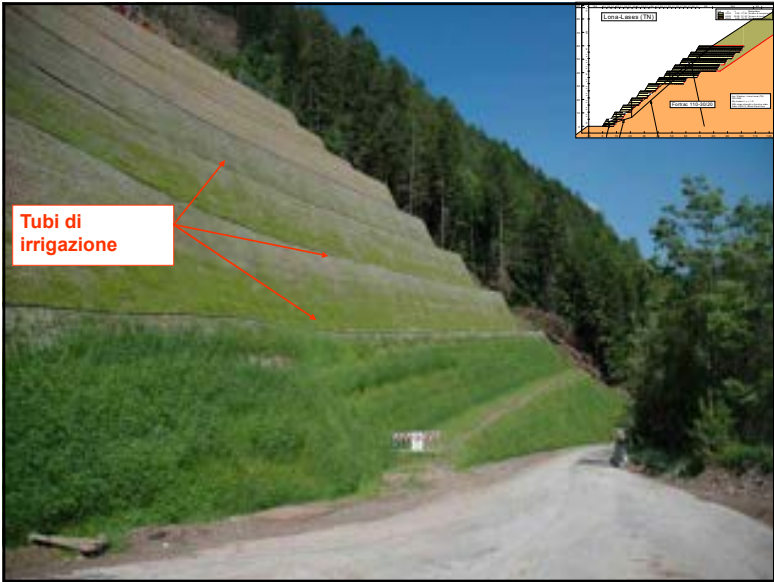
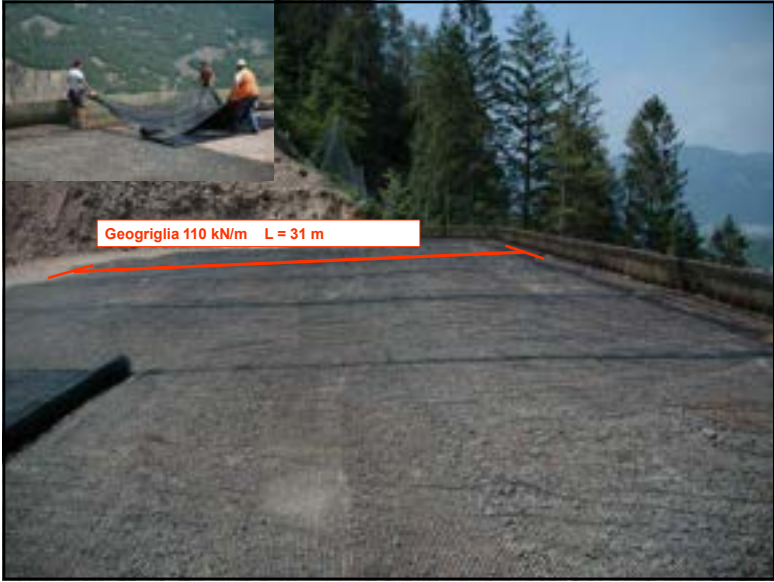
Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Terra rinforzata - Analisi di stabilità



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate







Vallo Paramassi Torgiovannetto (PG)

Progetto: Provincia di Perugia – S.P.n. 249 di Spello -
Progettazione lavori di messa in sicurezza
strada in località Torgiovannetto

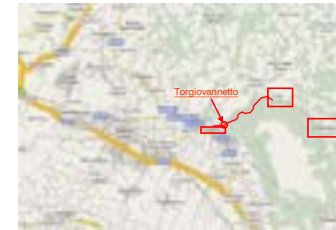
Applicazione: Rilevato parafrana in terra rinforzata

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Vallo Paramassi Torgiovannetto (PG)

Breve storia:

La SP 249 corre lungo il piede di una vecchia cava inattiva in località Torgiovannetto (Assisi). Nel dicembre de 2005 il comune ha dovuto chiudere completamente la strada perché si era attivato un movimento franoso di rilevante dimensioni, interrompendo la via principale, tra le due vie possibili, per raggiungere i paesi Costa di Trex and Armezzano.



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Vallo Paramassi Torgiovannetto (PG)

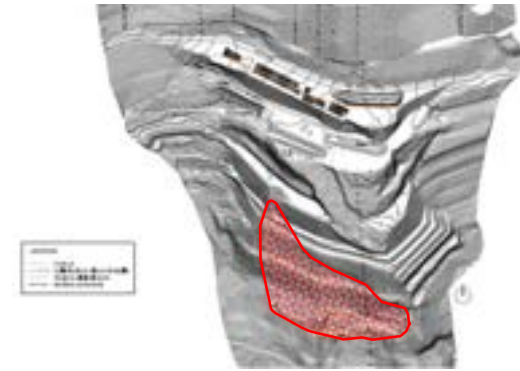


Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Vallo Paramassi Torgiovannetto (PG)

Breve storia:

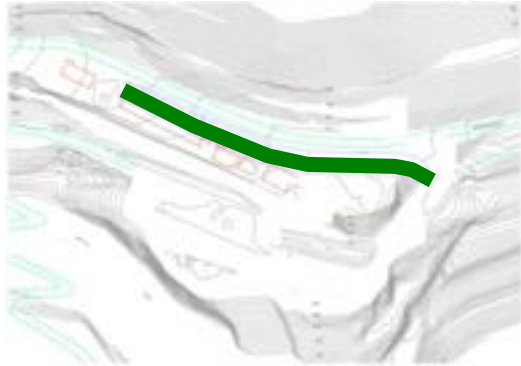
Mediante estensive indagini geologiche e campagna di monitoraggio si è rilevato un movimento franoso che si sposta lentamente come un corpo unico di 180,000 m³. La situazione di rischio era ulteriormente aggravata dalla sismicità caratteristica della zona.



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

LA SOLUZIONE:

Costruzione di un rilevato trapezoidale rinforzato in grado di resistere all'impatto della frana ed adatto a creare un bacino di accumulo a tergo, in grado di accogliere il volume di terreno previsto.



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Progetto: Provincia di Perugia – S.P.n. 249 di Spello -
Progettazione lavori di messa in sicurezza
strada in località Torgiovanetto

Descrizione: La terra rinforzata soddisfaceva le esigenze tecnico - ambientali richieste per questo intervento:

- Pendenze elevate per occupare meno spazio e creare un bacino capiente a tergo
- Altezza necessaria per evitare lo scavalcamento del corpo frana
- Massa adeguata a resistere all'impatto della frana
- Versatilità per adeguarsi all'orografia del sito
- Basso impatto ambientale
- VELOCITÀ DI REALIZZAZIONE

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Progetto: Provincia di Perugia – S.P.n. 249 di Spello -
Progettazione lavori di messa in sicurezza
strada in località Torgiovanetto

Caratteristiche principali del progetto:**Geometria rilevato:**

Altezza: variabile da 0 a 14,40 m circa;

Pendenza: a monte 80°, a valle 65°

Lunghezza: 190 m

Superficie: 2 fronti per un totale di circa 3800 m²

Azioni considerate:

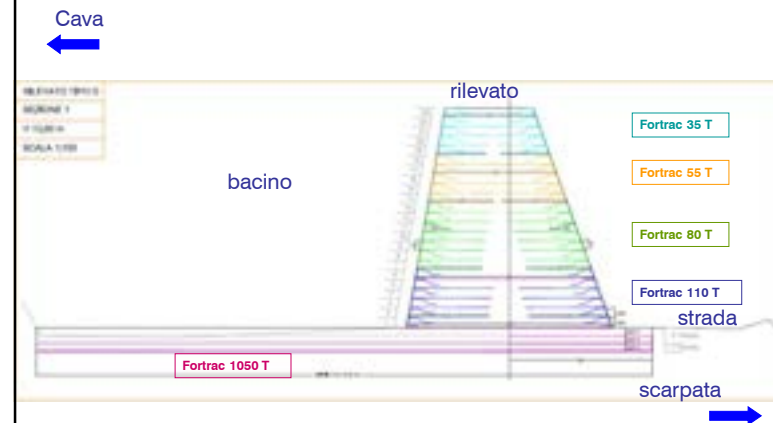
Pressione d'impatto della frana

Accelerazione sismica orizz.: $a/g = 0,07$

Drenaggio dell'acqua accumulata a tergo

Durata lavori: circa 4 mesi nel 2008

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Vallo Paramassi Torgiovanetto (PG)

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Vallo Paramassi Torgiovanetto (PG)

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Vallo Paramassi Torgiovanetto (PG)

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Vallo Paramassi Torgiovanetto (PG)

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

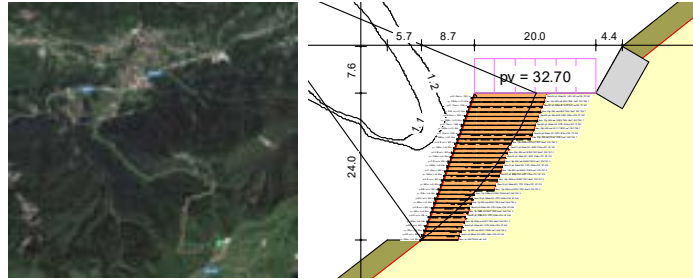
Vallo Paramassi Torgiovanetto (PG)

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Nuova pista da sci dal Monte Zoncolan a Ravascletto

Dati progetto:

- Realizzazione di rilevati in terra rinforzata di altezza variabile da 3 a 24 m
- Lunghezza fronte: 500 m circa
- Inclinazione: 70°
- Sovraccarico da neve
- Zona sismica



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate



Torino - Trèfle

Art-work di Dominique Gonzales Foerster



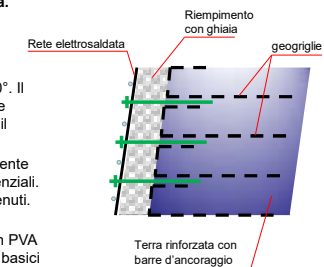
Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

MURALEX: Muro di sostegno flessibili con paramento in pietra

- Muro di sostegno flessibile Muralex: terra rinforzata con paramento in pietra ingabbiata con rete elettrosaldata.

■ Caratteristiche:

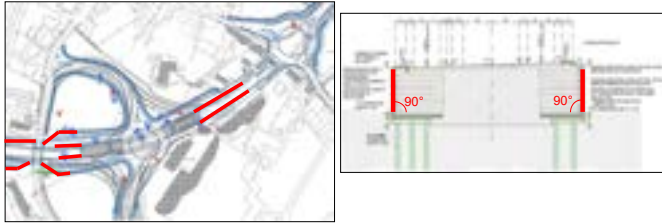
- Realizzazione di muri di pendenza variabile fino 90°. Il rinforzo del terreno con geogriglie, opportunamente dimensionate, garantisce la stabilità. Non prevede il rinverdimento.
- Essendo la terra rinforzata una struttura estremamente flessibile, assorbe gli assestamenti globali e differenziali. Il paramento viene applicato ad assestamenti avvenuti.
- Utilizzo di tutti tipi di terreni di riempimento, anche stabilizzati a calce, grazie all'utilizzo di geogriglie in PVA resistenti all'attacco chimico in ambienti altamente basici
- Controllo della verticalità del paramento a lungo termine grazie all'utilizzo di geogriglie in PVA ad elevato modulo (deformazioni a rottura <6%) e basso creep



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Muri di sostegno flessibili con paramento in pietra nello svincolo stradale di Pasiano di Pordenone

- Lo svincolo stradale tra la S.P. 9 e la S.P. 35 in località Visinale nel comune di Pasiano di Pordenone (PN), si inserisce nell'ambito dei lavori di realizzazione della "Nuova viabilità dell'area del mobile e asse Bannia – Fiume Veneto – Azzano X – Pasiano".
- La mancanza di spazio disponibile richiedeva la realizzazione di muri di sostegno verticali lungo le varie rampe stradali che conformano lo svincolo
- Data la natura soffice dei terreni di fondazione gli assestamenti previsti richiedevano la realizzazione di muri rigidi fondati su pali oppure strutture di sostegno flessibili in grado di assorbire gli assestamenti senza compromettere la funzionalità dell'opera
- Utilizzo di terreni stabilizzati a calce



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

DATI DI PROGETTO

- Superficie fronte muri di sostegno: 1.000 m² circa
- Altezza muri: 0,50 m < H < 7 m
- Terreni di fondazione:
 - da p.c a -20 m: limi/argille
 - da -20 m: sabbie limose
- Falda: -0,45 m p.c.
- Terreno di riempimento: stabilizzato a calce (pH >12)
- Tipo rinforzo: geogriglie di 80 kN/m in Polivinilalcol (PVA)
- Paramento: in pietra sciolta ingabbiata



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

PROGETTO ED ESECUZIONE

Realizzazione terra rinforzata



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

PROGETTO ED ESECUZIONE

- Applicazione e riempimento del paramento dopo un mese



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

PROGETTO ED ESECUZIONE

■ Aspetto dei muri a lavori ultimati



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

PROGETTO ED ESECUZIONE

■ Aspetto dei muri a lavori ultimati



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

PROGETTO ED ESECUZIONE

■ Aspetto dei muri a lavori ultimati



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Muro di sostegno in terra rinforzata con paramento in blocchi

Applicazione: Rilevati stradali di approccio ai ponti realizzati con terreni stabilizzati a calce

Cantiere: **Passante di Mestre, Preganziol (VE)**

Soluzione: Muri di sostegno segmentale in blocchi rinforzati con geogriglie ai lati dei rilevati autostradali, rinforzati con geogriglie Fortrac in PVA

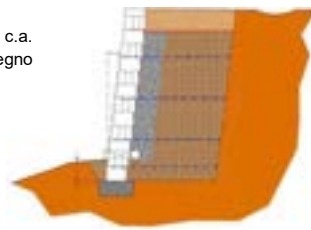


Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Problematiche generali del progetto

- Da un punto di vista dell'impatto ambientale si dovevano rispettare due requisiti:
 - il paramento del muro doveva essere in cls
 - il colore doveva essere grigio naturale.
- Terreni di fondazione fini e compressibili
- Livello della falda a -0,80 m a -1,0 m dal piano campagna
- Dovuto alla scarsità di terreni granulari, era necessario costruire il rilevato usando i terreni limo argillosi locali stabilizzati con calce. Quindi, nella soluzione da adottare era necessario considerare la condizione di alcalinità del terreno di riempimento ($\text{pH} > 12$).
- Per evitare la costruzione di muri di sostegno rigidi in c.a. fondati su pali si è scelto un sistema di muri di sostegno flessibili per le rampe di approccio al ponte:
 - lunghezza di ogni rampa 400 m aprox.
 - altezza variabile da 1,00 m a 10,20 m

Muri di sostegno segmentale in blocchi rinforzati con geogriglie



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Vista aerea prima della costruzione del muro segmentale



Strato di regolarizzazione con magrone



Materiale granulare drenante

Terreno stabilizzato a calce



Compattazione

Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate



Sicurezza: cavo d'acciaio fissato a blocchi di cls per legare gli operai





Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate

Grazie per la vostra attenzione



Ricostruzione e messa in sicurezza di versanti in frana con terre rinforzate