

### Opere in terra rinforzata: parametri di progetto e realizzazioni in ambito montano ed idraulico

Ing. Pierpaolo Fantini - Huesker S.r.l. - p.fantini@huesker.it

Ing. Alberto Simini - Huesker S.r.l. - a.simini@huesker.it

Le strutture in terra rinforzata, una delle tecniche di ingegneria naturalistica per la realizzazione di opere di sostegno, associano l'elemento strutturale di rinforzo ad una copertura vegetativa frontale per evitare l'insorgere di fenomeni erosivi superficiali.

Tali opere necessitano di particolare cura durante le fasi progettuali e nella scelta e dimensionamento dei rinforzi utilizzati: in tale fase i parametri a cui è necessario prestare attenzione sono la tensione di progetto a lungo termine dei rinforzi, l'effettuazione di verifiche della stabilità interna, esterna e composta della struttura in terra rinforzata e la corretta interpretazione delle certificazioni di qualità dei materiali impiegati.

Vengono infine presentate ed analizzate due delle numerose terre rinforzate eseguite in ambito montano ed idraulico, evidenziando le scelte progettuali determinanti in queste circostanze.



#### Tensione di progetto a lungo termine di un geosintetico di rinforzo

BS 8006:1995 - Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills

$$T_D = \frac{T_B}{f_m}$$

$T_D$  = tensione di progetto a lungo termine  
 $T_B$  = tensione del rinforzo considerando solo l'effetto di creep per la vita utile o di esercizio scelta per il geosintetico

$$f_m = f_{m1} \times f_{m2}$$

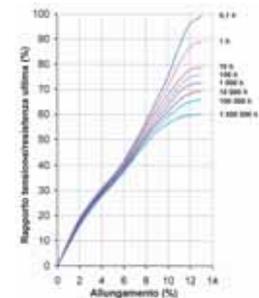
$f_{m1}$  = fattore di riduzione parziale correlato alle proprietà intrinseche del materiale  
 $f_{m2}$  = fattore di riduzione parziale correlato alla posa e agli effetti ambientali

$$f_{m1} = f_{m11} \times f_{m12}$$

$f_{m11}$  = fattore di riduzione parziale che tiene conto di quanto il processo di produzione e la sua variabilità influenzano la resistenza del geosintetico  
 $f_{m12}$  = fattore di riduzione parziale correlato all'estrapolazione dei dati disponibili da prove di laboratorio

$$f_{m2} = f_{m21} \times f_{m22}$$

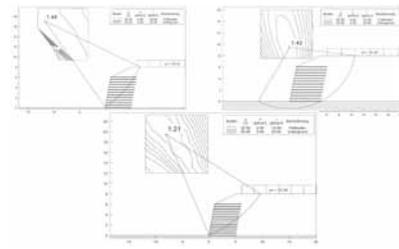
$f_{m21}$  = fattore di riduzione parziale riferito al danneggiamento meccanico del geosintetico di rinforzo prima della posa e durante la stessa  
 $f_{m22}$  = fattore di riduzione parziale che tiene conto dell'influenza degli effetti ambientali sul geosintetico di rinforzo



Curve isocrone delle geogriglie Fortrac

#### Le verifiche di stabilità delle terre rinforzate

Le verifiche di stabilità di strutture in terra rinforzata si effettuano secondo i metodi "classici" che si applicano alle verifiche di stabilità dei pendii (Bishop, Janbu, Spencer, ecc.), considerando in aggiunta l'azione delle forze resistenti delle geogriglie di rinforzo presenti. Una distinzione formale tra le verifiche di stabilità esterne ed interne ha come conseguenza il fatto che spesso si esaminano meccanismi di rottura che si sviluppano in una zona molto ristretta. L'analisi dei possibili meccanismi di rottura che si sviluppano parzialmente all'esterno e parzialmente all'interno delle strutture armate, in molti casi è trascurata.



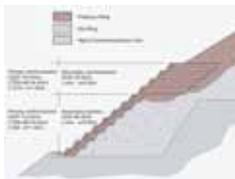
Anche se le verifiche di stabilità interna ed esterna danno come risultato un fattore di sicurezza al di sopra del minimo richiesto dalla normativa, la verifica di stabilità composta potrebbe portare ad un fattore di sicurezza molto più basso, inferiore al minimo consentito dalla normativa.

#### Esempi di terre rinforzate in ambito montano ed idraulico

##### LONA-LASES (TN): STABILIZZAZIONE DI UN VERSANTE IN FRANA

Per la stabilizzazione del versante del monte Gorsa, interessato negli ultimi anni da un imponente fenomeno franoso nella zona sovrastante la strada provinciale SP71, la soluzione adottata dai progettisti ha previsto la ricostruzione morfologica del versante in frana mediante l'esecuzione di una struttura in terra rinforzata con geogriglie in PET a rivestimento polimerico al piede del versante con pendenza di 60° ed in grado di sopportare l'elevato carico sovrastante.

L'altezza della terra rinforzata è di 60 m, a banche sovrapposte di 5 m ciascuna e berme di 3 m, mentre la lunghezza complessiva è di ca. 100 m



Sezione tipo della terra rinforzata



Vista della terra rinforzata dal piede

##### OFFAGNA (AN): RICOSTRUZIONE DI UNA SCARPATA FLUVIALE

Per la ricostruzione delle scarpate erose a seguito degli eventi di piena, la soluzione adottata è stata una terra rinforzata che, nel tratto potenzialmente a contatto con il corso d'acqua (circa metà rilevato), presenta le seguenti caratteristiche:

- casseri zincati, in modo da evitare problemi di corrosione
- elementi di rinforzo costituiti da geotessili in poliestere per evitare la fuoriuscita del terreno di riempimento, specialmente in caso di rapido abbassamento del livello dell'acqua
- fronte realizzato con ghiaia grossolana per ridurre gli effetti del dilavamento dovuti alla corrente



Vista della terra rinforzata dal piede

