

L'importanza delle Certificazioni dei geosintetici utilizzati per il rinforzo dei terreni

## GEOSINTETICI DI RINFORZO: TENSIONE CARATTERISTICA E TENSIONE DI PROGETTO

Materiali & Inerti

Luis Eduardo Russo\*  
Alberto Simini\*\*

Le applicazioni più comuni dei geosintetici di rinforzo sono le terre rinforzate, il rinforzo alla base di rilevati fondati su terreni a bassa portanza, il rinforzo sulla testa di pali per evitare l'effetto di punzonamento nei rilevati ed il rinforzo di aree soggette alla formazione di cavità.

Le geogriglie, i geotessili tessuti ed i geocompositi ad elevato modulo che vengono utilizzati come materiali per il rinforzo dei terreni, sono vere e proprie armature cui vengono affidate funzioni statiche all'interno di un'opera in terra. Per esempio, in una terra rinforzata, la stabilità o la funzionalità dell'opera di sostegno dipenderanno direttamente dal comportamento dell'elemento di rinforzo durante la vita utile di progetto. Dato che la tensione di progetto a lungo termine è il dato che viene utilizzato nei calcoli di stabilità, è di fondamentale importanza per il progettista conoscere quale sarà la tensione d'esercizio del geosintetico di rinforzo durante la vita utile dell'opera, dopo che sia stato sottoposto ad azioni meccaniche, fisiche ed ambientali. In altre parole, il progettista deve avere la garanzia che le ipotesi



Progetto: Lonigo (VI) - Problematica: rinforzo alla base di un rilevato stradale - Materiale: geotessile Stabilenka® 400 kN/m

effettuate in fase progettuale si verifichino nella realtà. Tra le normative europee più avanzate in questo campo ci sono il British Standard 8006 e l'EBGEO, mentre è in fase di completamento la nuova norma, ISO TC221/WG5 CEN TC189/WG5/N286, che sarà valida a livello internazionale. Tali normative richiedono che, per calcolare la tensione di progetto a lungo termine, vengano applicati una serie di fattori di riduzione sulla tensione caratteristica di rottura a breve termine del geosintetico di rinforzo considerato. Nella norma BS 8006, tali fattori tengono conto:



Progetto: treno alta velocità a Groebers (D) - Problematica: presenza di cavità diffuse - Materiale: geogriglia Fortrac® in aramide 1.200 kN/m



Progetto: Casate (BL) - Problematica: Ripristino di una frana  
Materiali: geogriglie Fortrac® 35, 55, 80, 110 kN/m



- a) della vita utile dell'opera;
- b) della deformazione per creep del materiale (deformazione viscosa nel tempo sotto carico costante);
- c) dell'extrapolazione dei dati e della variabilità della produzione;
- d) del danneggiamento meccanico durante le fasi di posa;
- e) degli effetti ambientali (chimici e biologici).

L'affidabilità e la provenienza dei fattori di riduzione da applicare è di rilevante importanza poiché una sopravvalutazione della tensione di esercizio a lungo termine potrebbe condurre alla realizzazione di opere sottodimensionate e con fattori di sicurezza inferiori a quelli richiesti dalla legge, vanificando di conseguenza i presupposti progettuali e aumentando il fattore di rischio.

Esistono numerosi istituti di prove indipendenti che, in maniera autorevole, certificano le prestazioni dei materiali da costruzione. Tali certificati contengono dati importanti sulle caratteristiche dei materiali nel tempo e sugli effetti durante la posa.

L'obiettivo di questo articolo è fornire, ai progettisti e ai direttori dei lavori, indicazioni sui parametri rilevanti che deve possedere un geosintetico utilizzato come rinforzo.

Tali caratteristiche, supportate da riferimenti normativi e certificazioni, dovrebbero essere presenti nelle prescrizioni capitolari. I fornitori, da parte loro, dovrebbero essere in grado di supportare le caratteristiche tecniche dichiarate per i propri materiali con opportune certificazioni rilasciate da istituti e laboratori di prova autorizzati indipendenti.

## I valori caratteristici

Mentre nel caso dell'acciaio e del calcestruzzo l'utilizzo di valori caratteristici di resistenza ( $f_{yk}$  o  $R_{sk}$ ) è ormai un fatto recepito e consolidato per i progettisti, le DL e le imprese stesse, nel caso dei geosintetici ancora oggi rimane una certa ambiguità nei valori dichiarati dai fornitori.

Quindi, il primo aspetto da verificare è che i valori dichiarati dai produttori siano valori caratteristici e non valori medi; in altre parole, le resistenze, gli allungamenti e i fattori di sicurezza adottati devono essere valori caratteristici con un limite di confidenza minimo del 95%.

Ad esempio, se un produttore dichiara una resistenza a trazione maggiore di 35 kN/m, solo il 5% dei risultati delle prove effettuate su tutta la campionatura potrebbe essere inferiore a 35 kN/m. Nel caso in cui si dichiarasse invece un valore medio, ben il 50% dei valori ottenuti da prove sui materiali potrebbe risultare inferiore a quanto dichiarato.

È evidente, quindi, come il valore medio risulti meno cautelativo rispetto al corrispondente valore caratteristico, e come ciò sia altrettanto valido per quanto riguarda i fattori di sicurezza.

Ad esempio, il fattore di sicurezza per danneggiamento meccanico medio per la geogriglia Fortrac® 35/20-20, prodotta dalla Huesker Synthetic GmbH, in contatto con un aggregato grosso frantumato è pari a 1,16 mentre il corrispondente valore caratteristico è pari a 1,29.

## La tensione di progetto a lungo termine di un geosintetico di rinforzo

La normativa BS 8006:1995 (ANNEX A) prescrive quali sono i fattori di riduzione parziali da applicare sulla tensione nominale (caratteristica) dei geosintetici di rinforzo per il calcolo della tensione di progetto.

Secondo tale normativa, si ha che:

$$T_D = T_0 / f_m$$

$T_0$  = tensione di progetto a lungo termine

$T_0$  = tensione del rinforzo considerando solo l'effetto di creep per la vita utile o di esercizio scelta per il geosintetico.

Per esempio, per una vita utile di centovent'anni, questa tensione assume un valore di circa il 60% della tensione caratteristica a breve termine nel caso di geogriglie realizzate in fibre di poliestere ad elevato modulo, e intorno al 38%-40% della stessa per geogriglie in polietilene ad alta densità.

È da considerare che, a differenza dell'acciaio al cemento armato, la maggiore suscettibilità dei geosintetici all'effetto di creep richiede un'approfondita valutazione.

Per determinare  $T_0$  è necessario fare uso delle curve isocrone relative al geosintetico considerato, avallate da un istituto di prove accreditato.

Tali curve rappresentano la diminuzione di resistenza e di modulo elastico del geosintetico nel tempo sulla base dei dati disponibili dalle prove effettuate.

Per esempio, nel grafico seguente vengono riportate le curve isocrone delle geogriglie Fortrac®, prodotte dalla Huesker Synthetic. Sull'asse delle ordinate si riporta il rapporto adimensionale tra tensione ultima e tensione applicata, mentre sull'asse delle ascisse l'allungamento in percentuale. Ogni curva è riferita ad una precisa durata di applicazione del carico.

Come si può osservare, tali curve non sono riferite ad un particolare modello di geogriglia, ma a tutta la famiglia.

Il fattore di riduzione  $f_m$  è composto da due fattori parziali

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

dove:

$f_{m1}$  = fattore di riduzione parziale correlato alle proprietà intrinseche del materiale

$f_{m2}$  = fattore di riduzione parziale correlato alla posa e agli effetti ambientali

A loro volta  $f_{m1}$  e  $f_{m2}$  si compongono di due fattori:

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

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

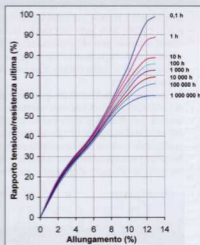
dove:

$f_{m11}$  = fattore di riduzione parziale

che tiene conto di quanto il processo di produzione e la sua variabilità influenzano la resistenza del geosintetico.

Questo fattore è strettamente legato al controllo di qualità del processo di produzione (ISO 9001:2000) e all'uso di valori caratteristici con il 95% come limite di confidenza minimo (sub fattore  $f_{m111}$ ).

$f_{m12}$  = fattore di riduzione parziale correlato all'extrapolazione dei dati disponibili da prove di laboratorio. Si valuta il volume di dati disponibili da prove per lo sviluppo statistico (sub fattore  $f_{m121}$ ) e la successiva extrapolazione di questi dati sulla vita utile prevista del rinforzo

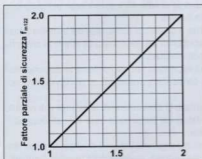


Curve isocrone delle geogriglie Fortrac®

(sub fattore  $f_{m12}$ ). Il fattore  $f_{m12}$  descrive l'affidabilità dell'estrapolazione dei dati raccolti sui materiali che vengono utilizzati in opere la cui vita utile è superiore alla durata delle prove effettuate.

La norma citata stabilisce che, quando si estrapola un ciclo logaritmico (per esempio da dieci anni di prove a cento anni di vita utile prevista), il fattore  $f_{m12}$  può essere assunto pari a 1; se invece si estrapolano due cicli logaritmici (da un anno di prove a cento anni di vita utile), tale fattore

deve essere assunto pari a 2, come indicato nel seguente grafico.



La determinazione del fattore  $f_{m12}$

deve essere assunto pari a 2, come indicato nel seguente grafico.  $f_{m21}$  = fattore di riduzione parziale riferito al danneggiamento meccanico del geosintetico di rinforzo prima della posa e durante la stessa (sub

fattore  $f_{m21}$ ) e a come tale danneggiamento influenzi il comportamento a lungo termine del materiale (sub fattore  $f_{m12}$ ).

$f_{m12}$  = fattore di riduzione parziale che tiene conto dell'influenza degli effetti ambientali (agenti chimici presenti nel terreno, temperatura, ecc.) sul geosintetico di rinforzo. Attualmente, per risolvere problematiche geotecniche particolari, i progettisti hanno la possibilità di adottare geosintetici di rinforzo prodotti su misura che non fanno parte della gamma di prodotti standard e quindi carenti, almeno in parte, di certificazioni specifiche. In questi casi la normativa prevede che, in assenza di prove ad hoc, si possa far uso dei dati disponibili per la stessa famiglia di prodotti purché ci si mantenga dal lato della sicurezza.

Per esempio, se fosse prodotta una geogriglia Fortrac® con una resistenza di 1.000 kN/m in fibre di poliestere, sarebbe possibile utilizzare le curve isocrone, il coefficiente di estrapolazione e il fattore di riduzione per effetti ambientali relativi alla famiglia del prodotto, purché venga realizzata utilizzando le stesse materie prime, lo stesso metodo e macchinari di produzione e lo stesso controllo di qualità delle geogriglie certificate. Per i fattori di riduzione per danneggiamento meccanico, invece, si con-

sente l'adozione dei valori relativi alle analoghe geogriglie di resistenza minore (come indicato nella normativa in fase di elaborazione da parte dell'ISO TC221/WG5 CEN TC189/WG5/N286).

In caso di progetti che richiedono l'utilizzo di geosintetici di produzione speciale, sarebbe buona norma da parte dei progettisti richiedere ai produttori referenze su interventi analoghi, preferibilmente supportati da una documentazione specifica (per esempio pubblicazioni in convegni scientifici).

## La validità delle Certificazioni

Come è stato già espresso in precedenza, i valori dichiarati dai produttori devono essere supportati da certificazioni emesse da istituti indipendenti accreditati. Tra quelli più noti possiamo citare: BBA (British Board of Agrément), TBU (Institut für Textile Bau- und Umweltechnik GmbH), TRI (Texas Research International) e LGA.

In molti casi questi certificati sono soggetti a rinnovi periodici, per cui è necessario verificare che gli stessi siano ancora validi. Per questo motivo, le aziende che producono materiali coperti da tali certificazioni devono periodicamente dimostrare di aver mantenuto o migliorato lo standard qualitativo dei prodotti.

Un'altra situazione si può presentare quando un'azienda commercializza, con un proprio marchio, geosintetici prodotti da altre aziende. In tali casi è essenziale la dimostrazione della rispondenza con i prodotti di origine.

Uno strumento valido è la dichiarazione di conformità, rilasciata dal produttore, nella quale viene descritto il tipo di materiale, la quantità fornita, il numero di bolla e di fattura con le rispettive date e in cui si attesta che il materiale arrivato in un determinato cantiere e fornito ad una determinata impresa attraverso il distributore locale, possiede le caratteristiche tecniche riportate nella dichiarazione.

È opportuno inoltre evidenziare che i certificati di prova sui geosintetici che un produttore presenta sono riferiti a materiali provenienti da specifici stabilimenti di produzione.

La differenza tra prodotti che escono da diversi stabilimenti può, infatti, anche essere rilevante, in quanto ci sono diversità nei processi produttivi, nei materiali, nei macchinari, ecc. Questo significa che, da un punto di vista tecnico, il prodotto finale può non essere lo stesso e che quindi i geosintetici possono avere un comportamento meccanico diverso.

## Conclusioni

Il mercato offre diversi tipi di geosintetici per il rinforzo di terreni; alcuni possiedono certificazioni per il calcolo della tensione ammissibile ed altri soltanto prove specifiche su singoli campioni. Da quanto in precedenza esposto, si evince che geosintetici aventi la stessa tensione nominale di rottura possono anche non avere la stessa tensione di progetto a lungo termine. Visto che questo è il dato che viene inserito nelle verifiche di stabilità, risulta evidente l'importanza dell'utilizzo di valori affidabili.

In altre parole, geosintetici aventi la stessa tensione di progetto non possiedono la stessa tensione nominale di rottura. Da un punto di vista tecnico, quindi, nelle specifiche capitolari si dovrebbe riportare il valore di tensione di progetto a lungo termine per il rinforzo impiegato in un determinato terreno ed ambiente e non solamente la tensione di rottura a breve termine del materiale.

\* *Ingegnere Civile - Responsabile tecnico-commerciale della Huesker Srl di Trieste*

\*\* *Ingegnere Civile - Ufficio tecnico della Huesker Srl di Trieste*



Progetto: Selby (UK) - Problematica: rinforzo sulla testa di pali  
Materiale: geogriglia Fortrac® 400 e 1600 kN/m