

# Ordine dei Geologi

REGIONE FRIULI-VENEZIA GIULIA

Trieste, 06 luglio 2012  
Prot.L/187/12

Spett.le  
**PRESIDENTE DEL  
CONSIGLIO NAZIONALE GEOLOGI**  
Via Vittoria Colonna, 40  
00196 ROMA

## **OGGETTO: quesito e considerazioni tecniche in merito alla competenza del geologo nel dimensionamento e progettazione di opere in terra rinforzata.**

Quest'Ordine ha ricevuto la seguente nota tecnica da parte di un iscritto, il dott. Giovanni Pietro Pinzani con quindicennale esperienza nel settore, riguardo alla competenza del Geologo a redigere un progetto di opere in terra rinforzata nel quale molti geologi italiani sono spesso coinvolti a diverso titolo, dalla relazione geologica, alla relazione geotecnica sulle indagini, alla relazione geotecnica di calcolo, alla progettazione sino alla direzione lavori.

Le osservazioni che si riportano di seguito sono frutto della condivisione dei contenuti da parte del Consiglio di questo O.R. e si chiede cortesemente al C.N.G. di esprimere un autorevole parere, alla luce del D.P.R. 328/2001 e delle NTC 2008, in merito alla competenza del geologo a redigere progetti, relazioni di calcolo e Direzione Lavori in cui l'opera predominante sia la terra rinforzata, eventualmente associata al semplice movimento terra.

### **1. CONSIDERAZIONI GENERALI SULLE COMPETENZE GEOTECNICHE DEL GEOLOGO**

E' fuori discussione che il geologo ha piena competenza nel campo della meccanica delle terre e delle rocce. Si evidenzia che tale competenza è riconosciuta non solo nella valutazione dei parametri geomeccanici ma, in considerazione del quesito sopra esposto, nello studio e nel calcolo della stabilità dei versanti in terra e roccia, intendendo tale distinzione come studio secondo i sistemi del continuo e del discontinuo e secondo diversi criteri di rottura (es. Mohr Coulomb, Hoek-Brown, Cam-Clay, ecc.). Si evidenzia inoltre che la grande evoluzione degli strumenti informatici consente oggi, anche nella pratica professionale, l'analisi dell'evoluzione di un versante non solo attraverso i classici metodi dell'equilibrio limite ma anche mediante metodi più complessi quali ad esempio quelli alle differenze o agli elementi finiti con valutazioni anche degli stati limite.

Risulta quindi evidente come il geologo sia pienamente competente, per tali problematiche, in tutti i potenziali meccanismi di rottura secondo i principi della meccanica e della teoria degli sforzi e deformazioni, tematiche affrontate direttamente (oltre che nella pratica professionale specialistica e nelle corso dello sviluppo delle abilità professionali sul

campo) nei singoli corsi universitari di meccanica delle terre, meccanica delle rocce, fisica terrestre, geotecnica e negli ultimi anni in scienze delle costruzioni.

Tali considerazioni risultano essenziali per una valutazione serena al quesito sopraesposto in quanto il dimensionamento di una terra rinforzata prevede una serie di verifiche interne ed esterne riconducibili ai meccanismi analizzati nelle normali verifiche di un versante in terra o roccia (es. la verifica per toppling di un blocco roccioso è pienamente confrontabile con una verifica al ribaltamento in una verifica all'equilibrio limite).

## **2. DEFINIZIONE DI TERRA RINFORZATA E SUOI ELEMENTI COSTITUTIVI**

Tralasciando gli elementi secondari quali i drenaggi, gli elementi antierosione ed altro, una terra rinforzata è costituita essenzialmente da terreno (generalmente per più del 99 % del suo peso) e dagli elementi di rinforzo. Questi possono essere di natura polimerica (geogriglie in PET, PP, HDPE, PVA, ecc.) o metallica (es. reti a doppia torsione, profili, ecc.). Si evidenzia inoltre che spesso si sente parlare genericamente di "terre armate" ma tale definizione deve essere riferita esclusivamente ad un prodotto brevettato dalla società "Terre Armée" che prevede il rinforzo del terreno mediante profili in acciaio zincato.

## **3. PRINCIPALI APPLICAZIONI DELLE TERRE RINFORZATE**

Al fine di avere un quadro più ampio delle applicazioni delle terre rinforzate è opportuno ricordare che tale tecnica rientra fra quelle riconosciute come opere d'ingegneria naturalistica e che trova molteplici applicazioni in cui la figura del geologo può risultare predominante. Tra esse ricordiamo:

rilevati in terra;  
rinfilo di versanti;  
modellazione riporti  
rilevati con funzione di barriera acustica e/o visiva;  
rilevati paramassi;  
sistemazioni naturalistiche parchi e giardini  
opere di controripa e sottoscarpa in genere;  
sistemazioni idrauliche  
difese spondali;  
argini di scarica.

## **4. RIASSUNTO DELLE PRINCIPALI VERIFICHE DI STABILITÀ RELATIVE AD UNA TERRA RINFORZATA**

Le verifiche di stabilità di una terra rinforzata secondo i metodi dell'equilibrio limite richiedono essenzialmente l'inserimento dei seguenti dati di input:

- geometria dell'opera;
- disposizione spaziale dei rinforzi;

- caratteristiche meccaniche dei rinforzi;
- modello geotecnico sia in condizioni statiche che sismiche.

Limitandoci alle verifiche di stabilità di una terra rinforzata secondo i metodi dell'equilibrio limite, queste possono così essere brevemente riassunte:

- verifica a rottura del rinforzo;
- verifica a sfilamento del rinforzo;
- verifica alla stabilità interna (Tieback) e composta (Compound);
- verifica del paramento frontale;
- verifica alla traslazione;
- verifica al ribaltamento;
- verifica alla stabilità globale.

#### **4.1. Verifica a rottura del rinforzo**

Così come un qualsiasi materiale, gli elementi di rinforzo a contatto con il terreno subiscono dei danneggiamenti prevalentemente di tipo meccanico e chimico. A ciò si associa una riduzione della loro resistenza nel tempo. Tutti questi danneggiamenti ed altro ancora vengono considerati nel calcolo mediante l'inserimento di fattori di sicurezza parziali che alla fine definiscono qual è la resistenza effettiva utilizzabile per quello specifico rinforzo. Tali coefficienti possono essere forniti dalle case produttrici ma i Produttori più affermati affidano la definizione di tali coefficienti ad Enti di Certificazione esterni quali ad esempio il British Board of Agreement (BBA). Si può quindi affermare che, in effetti, il calcolo strutturale dell'elemento di rinforzo viene già fornito dal Produttore o da manualistiche di tipo prescrittivo quali la FHWA negli USA a livello federale o con manuali a livello di singoli stati (es. British Standard inglese) o da organizzazioni internazionali sui geosintetici tipo l'IGS.

#### **4.2. Verifica a sfilamento del rinforzo**

La verifica a sfilamento di un rinforzo consiste sostanzialmente nel valutare se un rinforzo sottoposto a trazione può muoversi rispetto ad un determinato volume di terreno in cui è inserito. Per tale verifica si tiene conto dei coefficienti d'interazione parziali che possono essere considerati come l'attrito tra geogriglia e terreno.

#### **4.3. Verifica alla stabilità interna (Tieback) e composta (Compound)**

La verifica di stabilità interna e composta di una terra rinforzata consiste generalmente in un'analisi di stabilità secondo i principi della meccanica delle terre considerando superfici di rottura a spirale logaritmica, pseudo-circolari o secondo spezzate lineari (la scelta delle superfici e del metodo di ricerca è a scelta del Progettista e del suo grado di esperienza e valutazione delle condizioni locali). In tali verifiche l'azione stabilizzante esercitata dai singoli rinforzi viene considerata come una forza resistente che può essere scomposta in una componente parallela alla superficie di scivolamento (che si oppone al movimento) ed in una ortogonale alla superficie di scivolamento (che incrementa la tensione normale al piano di scivolamento). In particolare le verifiche *Tieback* considerano superfici che si sviluppano interamente nel tratto rinforzato, mentre le verifiche *Compound* considerano superfici che si sviluppano parzialmente all'interno e parzialmente all'esterno della zona rinforzata. In queste ultime verifiche si tiene conto anche della verifica allo sfilamento del rinforzo.

#### **4.4. Verifica del paramento frontale**

La verifica del paramento frontale dipende dalla tipologia scelta. Tralasciando eventuali fronti con elementi prefabbricati in cls, gran parte dei paramenti delle terre rinforzate vengono realizzati con la tecnica del wrap-round, cioè il risvolto sul fronte della geogriglia di rinforzo ed ancoraggio alla sommità mediante trincea. Anche per tale verifica si esegue una verifica allo sfilamento dell'ancoraggio in sommità secondo i principi sopra citati. Si evidenzia che l'elemento in rete elettrosaldato spesso utilizzato sul fronte come cassero non ha alcuna funzione strutturale e non viene considerato nel calcolo geotecnico.

#### **4.5. Verifica alla traslazione**

La verifica alla traslazione può essere paragonata ad una verifica di stabilità secondo spezzate lineari.

#### **4.6. Verifica al ribaltamento**

La verifica al ribaltamento può essere confrontata come una qualsiasi verifica al toppling di un volume completamente definito in roccia. Si evidenzia comunque che tale verifica non ha alcun significato fisico ricollegabile alla realtà in quanto un'opera in terra non si muove in modo rigido.

#### **4.7. Verifica alla stabilità globale**

Tale verifica rientra nelle usuali competenze del geologo pertanto non richiede approfondimenti.

### **5. CONCLUSIONI**

Da quanto sopra riportato si ritiene pertanto che il dimensionamento di una terra rinforzata richiede sostanzialmente l'analisi di meccanismi riscontrabili nella meccanica delle terre e delle rocce. L'unica eccezione sollevabile riguarda il dimensionamento della resistenza a rottura del rinforzo. A tal proposito si propongono due possibili soluzioni:

- 1) il calcolo del geologo si limita a definire la resistenza e la deformazione di progetto del rinforzo ed i coefficienti d'interazione, rimandando all'ingegnere il calcolo strutturale del rinforzo stesso;
- 2) il calcolo della resistenza e della deformazione di progetto del rinforzo si deve basare sui coefficienti parziali riportati in specifici Certificati a cui si farà riferimento come documento progettuale.

Confidando in un Suo sicuro interessamento all'argomento, invio cordiali saluti.

Il Presidente  
Dott.geopl. Iadarola Fulvio

